

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

E.A.P. DE ODONTOLOGÍA

**Estudio *in vitro* de la microdureza superficial en resinas
compuestas de metacrilato Z350 XT y Silorano P90**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

AUTOR

Yeni Mercedes Salas Castro

Lima – Perú

2013

JURADO DE SUSTENTACIÓN

Presidente (a): Mg. María Angélica Alvarez Páucar.

Miembro: C.D. Javier Enrique Castro Yanahida

Miembro (Asesor): C.D. Espc. Felipe Enrique Lozano Castro.

A Dios, por permitirme cumplir esta meta.

A mis padres Mercedes y Zoilo, por la confianza depositada en mí, su amor y su apoyo incondicional. Ellos son mi mayor motivo y un ejemplo a seguir.

A mi hermanas, por estar a mi lado, escuchándome y alegrando mis días.

A mi familia y amigos, por brindarme su cariño, la fuerza necesaria para seguir
avanzando.

AGRADECIMIENTOS

A Dios.

A la UNMSM por ser un hogar para mi durante estos 6 años de esta hermosa carrera.

A todos los docentes que en estos seis años de estudio me brindaron sus conocimientos, acrecentando el amor por esta carrera.

Al Dr. Felipe Lozano, por su asesoría y por el tiempo brindado a resolver mis dudas, haciendo posible este sueño.

A la Dra. María Angélica Álvarez Páucar por su apoyo incondicional y por despejar mis dudas en todo momento, por su estima.

Al Dr. Javier Enrique Castro Yanahida por sus consejos, por el interés puesto en la revisión de este trabajo.

Al Ingeniero Raúl Hurtado Espejo de la PUCP, por la disponibilidad brindada para la ejecución de este trabajo.

A mis familiares y amigos que de forma directa e indirecta ayudaron en la realización de este trabajo.

RESUMEN

En este estudio se evaluó la microdureza superficial “in vitro” de dos materiales restauradores; una resina de metacrilato FILTEK Z350XT y una resina de silorano FILTEK P90.

Se elaboraron 10 cilindros de 6mm de diámetro por 6mm de altura de cada uno de los materiales en estudio, siendo polimerizadas por LED a 40 segundos para luego ser almacenadas en agua destilada a 37°C durante 24h. Se realizó la medición de la microdureza de todas las muestras con un microdurómetro aplicando una carga de 500gr por 10 segundos para finalmente ser observados en un microscopio a 20x. Los datos fueron sometidos a la prueba T-Student con un nivel de confianza de 95%. Los resultados mostraron que el grupo de resina de metacrilato Z350XT tuvo un promedio de microdureza superficial de 86.40 Kg/mm², mientras que el grupo de la resina de silorano P90 presentó un promedio de microdureza de 84.64 Kg/mm². Los datos mostraron un $p=0.0066$ siendo estadísticamente significativa entre las resinas evaluadas. Concluyendo que la resina de metacrilato fue la que presentó mayor valor de microdureza respecto a la resina de silorano.

Palabras claves: dureza, resinas, silorano.

ABSTRACT

In this study was evaluated the in vitro surface microhardness from two restorative materials; FILTEK Z350XT methacrylate and FILTEK P90 silorane resins.

Ten cylinders were elaborated of 6mm diameter by 6mm high for each one of the materials used in this study, light-cured by LED during 40 seconds to then be stored in distilled water at 37 degrees Celsius for 24 hours. Microhardness measurement was reach at all samples with a microdurometer applying a loading of 500g by 10 second, finally samples were observed in a microscope at 20x magnification. The data were subjected to the student t-test with a confidence level at 95%. The results showed that group of methacrylate composite Z350 XT had a superficial microhardness average of 86.40 Kg/mm², while the group of silorane composite P90 showed microhardness average of 84.64 Kg/mm². The data showed $p = 0.0066$ being statistically significant, between composites observed. Concluding that methacrylate composite presented higher microhardness value instead of silorane composite.

Keywords: hardness, composites, silorane

ÍNDICE

	PÁG.
I. INTRODUCCIÓN.....	11
 II. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	
2.1 Área del problema.....	13
2.2 Delimitación del problema.....	14
2.3 Formulación del problema.....	15
2.4 Objetivos de la investigación.....	16
2.4.1 Objetivo general.....	15
2.4.2 Objetivos específicos.....	15
2.5 Justificación de la investigación.....	16
2.6 Limitaciones.....	17
 III. MARCO TEÓRICO	
3.1 Antecedentes del problema.....	18
3.2 Bases teóricas.....	21
3.2.1. Resinas compuestas.....	22
3.2.1.1. Composición de las resinas compuestas.....	24
3.2.1.2. Clasificación de las resinas compuestas.....	29
3.2.1.3. Propiedades de las resinas compuestas.....	39
3.2.2 Resinas compuestas usadas en este estudio.....	52
3.3 Definición de términos básicos.....	56
3.4 Hipótesis.....	57
3.5 Operacionalización de variables.....	58
 IV. DISEÑO METODOLÓGICO	
4.1 Tipo de estudio.....	59
4.2 Muestra.....	59
4.3 Procedimientos y técnicas.....	60

4.4	Procesamiento de datos.....	64
4.5	Análisis de resultados.....	64
V.	RESULTADOS.....	65
VI.	DISCUSIÓN.....	71
VII.	CONCLUSIONES.....	75
VIII.	RECOMENDACIONES.....	76
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	77
X.	ANEXOS.....	87
	Anexo 1: Ficha de Recolección de datos.....	87
	Anexo 2: Control de Temperatura Ambiental.....	88
	Anexo 3: Cuadro de humedad relativa.....	89
	Anexo 4. Guía de Procedimientos de Materiales.....	90
	Anexo 5: Cuadro comparativo de las resinas usadas.....	100
	Anexo 6: Carta de ejecución Pontificia Universidad Católica del Perú.....	101
	Anexo 7: Cuadro de microdureza superficial.....	102
	Anexo 8: Compendio de materiales y fotografías.....	103
	Anexo 9: Fotografías de la elaboración de las probeta.....	104
	Anexo10:Fotografías de las microindentaciones.....	108
	Anexo 11: Norma ISO: 4049: 2009-Dental Material.....	118

Lista de Tablas

TABLA 01	Análisis de medias de la resina de metacrilato Z350XT.....	66
TABLA 02	Análisis de medias de la resina de silorano P90.....	67
TABLA 03	T-Student para comparar microdureza superficial entre resina de metacrilato y silorano.....	69

Lista de Gráficos

GRAFICO 01 Análisis de medias de la resina de metacrilato z350xt.....	66
GRAFICO 02 Análisis de medias de la resina de silorano p90.....	67
GRAFICO 03 Variación entre valores máximos y mínimos de microdureza superficial entre los dos grupos.....	68
GRAFICO 04 T-Student para comparar microdureza superficial entre resina de metacrilato y silorano.....	70

I. INTRODUCCIÓN

Las resinas compuestas se introdujeron en la década de 1960 como una alternativa a las resinas acrílicas y cementos de silicato. Como el rendimiento del compuesto ha mejorado, junto con la creciente demanda de perfección estética, los odontólogos recomiendan usar compuestos a base de resina que presentan una gran biocompatibilidad y mejores propiedades físicas, como el aumento de la resistencia al desgaste y mayor dureza superficial, ya que están formadas por nanopartículas, así como rellenos de metal cerámico, lo que mejora su superficie, facilitando el modelado y pulido final con un mejor acabado estético.

Para alcanzar éxito en su desempeño clínico, estos materiales presentan larga durabilidad, la cual es fuertemente influenciada por las características intrínsecas de los materiales y también por el ambiente al que son expuestos.

El comportamiento de los materiales depende en gran medida de sus partículas de carga con relación a la cantidad (porcentaje en volumen o en peso), composición, dimensión y forma.

Desde la década de los 60 cuando Bowen a partir de monómeros Bis.-GMA mejoró las propiedades físicas y mecánicas de las resinas acrílicas, se han presentado numerosos estudios que han aportado al desarrollo de diferentes tipos de resinas compuestas, convirtiéndose éstas, en uno de los principales objetos de estudios de los materiales dentales, intentando día a día mejorar las características físicas, tanto estéticas como mecánicas, tratando de controlar factores adversos como su contracción de polimerización, inherente a su naturaleza química.

Las resinas compuestas son una buena respuesta para la necesidad operatoria estética de los pacientes en la actualidad, pero su adecuado uso en el sector posterior implica adecuadas propiedades mecánicas.

En busca de mejorar estas propiedades surgen en el mercado otra alternativa de restauración para el sector posterior a base de silorano que reemplaza al BIS-GMA de los metacrilatos. Se encuentran pocos reportes en la literatura sobre las propiedades mecánicas de este nuevo sistema y su comparación con las resinas compuestas convencionales.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la microdureza superficial de la resina compuesta de metacrilato Z350XT respecto a la resina de silorano P90. Para así poder determinar cuál presenta mayor dureza y por lo tanto cual tiene un mejor pronóstico en boca.

II.PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 Área problema

Con la constante evolución de los materiales de restauración de resina, la evaluación de las propiedades de estos sirve como un puente entre las ciencias de los materiales fundamentales y sus aplicaciones clínicas. Aunque los materiales dentales han sido objeto de importantes mejoras, resinas de hoy basadas en metacrilato aún tienen deficiencias que limitan sus aplicaciones. Dos motivos principales de estas limitaciones son los fenómenos de desgaste que sufren y la contracción que poseen durante la polimerización, la cual genera tensión en la interfase adhesiva y puede perjudicar la longevidad de la restauración mientras funciona en un complejo ambiente bucal con diferentes fuerzas masticatorias y cambios de temperatura. Con el paso del tiempo, el desgaste, la fatiga y la tensión-deformación interna de la contracción térmica generan deformación plástica, filtración marginal y posteriormente aumentan los riesgos de desviación cuspídea, formación de caries e inflamación pulpar. Los esfuerzos por mejorar el rendimiento clínico, disminuir la deformación externa y la tensión interna de los materiales compuestos a base de metacrilato se han centrado en el desarrollo de monómeros innovadores que logren estos objetivos como el silorano y también en el avance de una nueva tecnología de relleno con partículas de tamaño nanométrico.⁵

La formulación de resinas basadas en metacrilato generalmente comprende monómeros como Bis-GMA (Bisfenol A –glicidil metacrilato), UDMA

(Dimetacrilato de uretano) y TEGDMA (Trienglicol Dimetacrilato); los cuales sufren cambios dimensionales durante la polimerización.

Es así, como se desarrolló un nuevo sistema de restauración basado en la química del silorano llamado Filtek p90, que utiliza un agente adhesivo exclusivo de autograbado con el cual se garantiza un volumen de contracción menor al 1% y mejora su fuerza cohesiva según el fabricante. El silorano, que reemplaza a los monómeros convencionales de metacrilato, está compuesto por Siloxano y Oxirano, que son moléculas hidrófobas y de baja contracción respectivamente.⁶

Además de resolver el problema de la contracción, se busca un material cuyas propiedades mecánicas sean similares al de la estructura dental para poder garantizar una restauración que responda sobre todo a las necesidades físicas del sistema estomatognático y que no solo responda a las necesidades estéticas. Es en esta búsqueda que se requiere más investigación sobre todo en los materiales de reciente lanzamiento y que poseen avances en su estructura química. Debido a esto, es importante comparar el comportamiento de las resinas de metacrilato y silorano frente al desgaste.⁶

2.2 Delimitación del problema

Las causas fundamentales de las fallas de las resinas compuestas indicadas para restauraciones posteriores son: la baja resistencia al desgaste que trae consigo pérdida de la forma anatómica por la atrición en el proceso masticatorio, fractura de los márgenes y del cuerpo de la restauración, sensibilidad posoperatoria causada como consecuencia del mal manejo de la contracción al polimerizar,

microfiltración por deficiencias en el proceso adhesivo además de dificultad de pulido y brillado.

El conocimiento de la medida de dureza de los materiales restauradores es muy importante en la Odontología y está relacionado con la indicación y longevidad clínica de estos materiales, es decir su pronóstico de permanencia en la cavidad oral. La dureza es un componente determinante en el éxito de las restauraciones; es definida como la resistencia a la penetración, al desgaste o al rayado. Cuanta mayor cantidad de material de relleno tenga una resina mejor serán sus propiedades físicas, por lo tanto mayor será su dureza, menor será su contracción y su cambio dimensional.

La evaluación de la microdureza del material restaurador está íntimamente relacionada con alteraciones en su superficie, es decir, cuando la dureza es afectada puede iniciarse una disolución de la matriz orgánica exponiendo así las partículas de carga inorgánica del material, provocando su deterioro, aumento de rugosidad superficial y consecuente acúmulo de placa bacteriana que no solo contribuye a las alteraciones de color sino también perjudica la durabilidad de la restauración.

2.3 Formulación del problema

¿Será mayor la microdureza superficial de la resina compuesta de metacrilato Z350XT que la resina compuesta silorano P90?

2.4 Objetivos de la investigación

2.4.1 Objetivo General

Determinar la microdureza superficial de la resina compuesta de metacrilato Z350XT respecto a la resina de silorano P90.

2.4.2 Objetivos específicos

- Valorar la microdureza superficial de la resina compuesta de metacrilato Z350XT
- Valorar la microdureza superficial de la resina compuesta de silorano P90
- Comparar los valores de la microdureza superficial de la resina compuesta de silorano P90 y la resina compuesta de metacrilato Z350XT.

2.5 Justificación

Existen muchos materiales a nivel odontológico que nos sugieren un mayor estudio en cuanto a la eficacia, y resistencia al desgaste en piezas posteriores. A través de los años se han desarrollado diversos estudios de las diferentes propiedades físico-mecánicas de los composites, pero ninguna llegaba a una condición óptima de dureza, más allá de la estética, en relación al esmalte dentario.

En nuestro medio no existe la cantidad necesaria de literatura, ni publicaciones sobre la nueva generación de composites, llámese nanorelleno o silorano, en

lo que se refiere a la propiedad de dureza superficial, la cual está relacionada con su resistencia al desgaste progresivo.

Es por eso que se considera necesario realizar la evaluación de microdureza de los materiales ya mencionados anteriormente, con la finalidad de brindar al clínico una razón fundamentada y no empírica para la elección del material basada en esta propiedad, logrando así, la satisfacción a nivel personal como profesional de realizar un mejor trabajo, con el reconocimiento de nuestros pacientes.

2.6 Limitaciones de la investigación

- Sólo se evaluará el trabajo in vitro, lo cual no permitirá evaluar otros factores influyentes, como la salivación ni movimientos mandibulares.
- No se observarán las otras propiedades físico-mecánicas superficiales de los materiales analizados
- Poca comercialización del producto en el Perú.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes del problema

Poggio C. y Col. (2012) realizaron un estudio in vitro para evaluar la microdureza según el método Vickers y la profundidad de curado de seis compuestos de resina: tres microhíbridas (Esthet.X HD, Amaris, Filtek Silorane), dos nanohíbridas (Grandio, Ceram-Xmono) y un nanorelleno (Filtek Supreme XT) en moldes fabricados con medidas estándar utilizando la técnica incremental para luego ser fotocuradas a 40s; concluyendo que Filtek Supreme XT mostró valores de dureza significativamente más altos que Esthet.X HD, Filtek Silorane, Ceram-Xmono, además, que el tiempo de curado no afectó los valores de dureza para Filtek Silorane, Grandio y Filtek Supreme XT.¹

Bechtold J. y Col. (2012) evaluaron la influencia de la polimerización sobre la microdureza y adaptación interna de las restauraciones de clase II a base de metacrilato Filtek P60 y a base de silorano Filtek P90 para lo cual se hicieron preparaciones en terceros molares. Luego se introdujeron los compuestos en dos incrementos fotoactivados individualmente durante 20 seg. Después de 24h las muestras fueron seccionadas para evaluar la brecha interna con tinción, registrando la relación de brechas internas con la longitud. La microdureza fue probada con indentaciones de 50g por 5seg. Concluyendo que las restauraciones

a base de silorano mostraron menores valores de dureza pero mejor adaptación interna en comparación con restauraciones a base de metacrilato.²

Bosquioli V (2011) analizó las propiedades mecánicas de microdureza, resistencia cohesiva, rugosidad y pérdida de superficie por abrasión de diferentes resinas compuestas, usó 30 molares con cavidades troncocónicas las cuales fueron restauradas con: Z100, Filtek Z350, Filtek P90 fotocuradas con luz LED durante 40 seg. Luego fueron almacenadas en agua destilada a 37°C por 24h para posteriormente ser pulidas y hacer las medidas respectivas. Se obtuvo como resultado la mayor resistencia cohesiva y menor microdureza en la Filtek P90 respecto a las demás resinas compuestas. Filtek Z350 obtuvo un valor intermedio en la resistencia cohesiva y microdureza respecto a los demás compuestos, mientras que Z100 obtuvo el menor valor de resistencia y mayor valor de microdureza. Se concluyó que las diferencias en la composición de las resinas compuestas influyen en la microdureza y fuerza de unión de las restauraciones.³

Kugoz A. y Col. (2011) realizaron un estudio in vitro en dientes para determinar la profundidad de curado, grado de conversión (GC), microdureza y capacidad de sellado cervical del Filtek silorane 3M y la compararon con compuestos a base de metacrilato (FSXT=Filtek Supreme XT y Filtek P60). EL GC y microdureza se evaluaron después de 1, 7 y 30 días mientras que la microfiltración se evaluó con muestras seccionadas transversalmente y penetradas con un colorante para su medición concluyéndose que el GC y la profundidad de curado de Filtek silorane

son más bajos que los FSXT, pero los valores de microdureza son estables con respecto a los de FSXT.⁴

Wen L. y Col. (2010) realizaron un estudio experimental in vitro en moldes de resina para distinguir las propiedades físicas de un resina a base de silorano Filtek p90 en comparación con cinco materiales de restauración a base metacrilato: un compomer, giomer, nanocompuesto, híbrido y microhíbrido, se encontraron diferencias significativas por propiedad ($p < 0,001$) concluyendo que el nuevo material a base de silorano en comparación con los de metacrilato tuvo la contracción de polimerización más baja, resistencia a la flexión y resistencia a la fractura relativamente mayor, pero resistencia a la compresión y microdureza relativamente bajos.⁵

Baldión E. y col. (2010) realizaron un estudio comparativo in vitro en 10 probetas de resina para poder determinar, analizar y comparar la dureza, módulo elástico y resistencia compresiva de tres resinas compuestas (Microhíbrida Z.250; Empacable a base de metacrilato P-60 y Resina a base de silorano P-90 3M), para determinar la dureza de los materiales se usó un microindentador Vickers concluyendo que de las tres resinas, la Z-250 presento mayores valores de dureza, mientras que la P90 mayor resistencia compresiva y módulo elástico.⁶

Ferreira I. (2010) evaluó la microdureza superficial de resinas compuestas a base de metacrilato (Filtek Z250) y silorano (FiltekP90), curadas con lámparas halógenas o LED a diferentes profundidades, para el estudio utilizó un probador de microdureza Vickers y los resultados mostraron que la resina Filtek Z250 presentó mayores valores de microdureza que la resina Filtek P90 también que la resina Filtek Z250 mostro mayor microdureza al ser polimerizada con LED que con luz halógena; pero la resina Filtek P90 mostró valores similares con ambas lámparas y por último que la profundidad de polimerización es determinante para los valores de microdureza.⁷

Sierra G. y Col. (2010) realizaron un estudio in vitro para determinar el valor de microdureza de la resina Filtek silorano, para lo cual se elaboraron 5 discos de resina con diámetro de 10 con 6 de espesor, luego se realizaron 10 indentaciones en cada disco con una carga de 100g con un indentador piramidal Knoop durante 60s y 20s para ser observados en un microscopio de luz a 20x concluyendo que los valores de microdureza obtenidos son homogéneos entre si y el promedio de microdureza Knoop fue de 53.2HK que es similar a los reportados por distintos autores con diseños metodológicos similares.⁸

Montenegro V y col. (2010) evaluaron mediante un estudio experimental in vitro el efecto de los diferentes tamaños de partículas de carga y diferentes tiempos de almacenamiento en la dureza superficial de tres resinas, para ello fueron confeccionadas 60 muestras en forma de pastillas con 5mm de diámetro y 2mm de altura, los cuales fueron divididos en seis grupos (n=10) de acuerdo con la

resina evaluada: Filtek z350 nanoparticulado; Filtek Z250 microhíbrido; y Durafil microparticulado, las muestras fueron almacenadas en agua destilada por 24h durante 60 días (37°C) y después de cada almacenamiento sometidas a la prueba de microdureza usando indentador Vickers 50g/45s; se concluyó que las resinas con partículas microhíbridas presentaron los mayores valores para la propiedad analizada, la resina nanométrica presentó valores intermedios y la resina con partículas micrométricas presentó los menores resultados.⁹

3.2. BASES TEÓRICAS

3.2.1. RESINAS COMPUESTAS

Los materiales compuestos son combinaciones tridimensionales de por lo menos dos materiales químicamente diferentes, con una interfase distinta, obteniéndose propiedades superiores a las que presentan sus constituyentes de manera individual.¹⁰

En tiempos pasados, sólo se disponía de materiales tales como las cerámicas y los metales, pero en 1962, después de múltiples experimentaciones, R. L. Bowen dio a conocer un nuevo material, el cual denominó Resina Compuesta o Reforzada.¹¹

Las resinas compuestas dentales, son materiales con gran densidad de entrecruzamientos poliméricos, una mezcla compleja de resinas polimerizables mezcladas con partículas de rellenos inorgánicos. Para unir las partículas de relleno a la matriz plástica de resina, el relleno es cubierto con un agente de

conexión silano. Otros aditivos se incluyen en la formulación para facilitar la polimerización, ajustar la viscosidad y mejorar la opacidad radiográfica.^{10, 12}

Estas resinas compuestas se modifican para obtener color, translucidez y opacidad, para de esa forma imitar el color de los dientes naturales, haciendo de ellas el material más estético de restauración directa. Inicialmente, las resinas compuestas se indicaban solo para la restauración estética del sector anterior. Posteriormente y gracias a los avances de los materiales, la indicación se extendió también al sector posterior. Entre los avances de las resinas compuestas, se reconocen mejoras en sus propiedades tales como la resistencia al desgaste, manipulación y estética.¹³

Origen de las resinas compuestas.

Elas tienen sus orígenes en las resinas acrílicas introducidas a la práctica Odontológica en 1945, la que consistía en una mezcla de finos granos de polímero (polvo), más un líquido, que contiene monómero de metacrilato de metilo, un agente de cadenas cruzadas y activadores, según fuera el sistema de polimerización.¹⁰

Sin embargo, estos materiales no satisfacían las expectativas clínicas y es así como se trató de incorporar un relleno a este monómero con el fin de aumentar su resistencia mecánica y disminuir los cambios dimensionales atribuidos al metacrilato de metilo, y no es hasta la década de 1960 cuando R. L. Bowen sintetizó un nuevo monómero, derivado de la combinación de una molécula

epóxica como el bisfenol A con un glicidil dimetacrilato. La molécula resultante fue denominada Bis-GMA y poseía un mayor peso molecular que los monómeros de las resinas acrílicas. A ella se le agregaron partículas de relleno inorgánico, las que fueron tratadas superficialmente con un vinil silano, con el fin de permitir una buena unión entre ambas partes.^{12, 14}

De esta forma se lograba disminuir la contracción de polimerización, el alto coeficiente de expansión térmica y la baja resistencia mecánica, además del posible daño pulpar, todas estas propiedades atribuidas a las resinas acrílicas. Este nuevo polímero daba inicio a la era de las resinas compuestas, las que se definen como “una combinación tridimensional de al menos dos materiales químicamente diferentes con una interface distinta que une los componentes”.¹⁵

3.2.1.1. COMPOSICIÓN DE LAS RESINAS COMPUESTAS

Matriz Resinosa.- Está constituida por monómeros de dimetacrilato alifáticos y aromáticos. El monómero base más utilizado durante los últimos 30 años ha sido el Bis-GMA que tiene mayor peso molecular lo que implica que su contracción durante la polimerización sea mucho menor, además presenta menor volatilidad y menor difusividad en los tejidos.¹⁶

Sin embargo, su alto peso molecular es una característica limitante, ya que aumenta su viscosidad, pegajosidad. Además, en condiciones comunes de polimerización, el grado de conversión del Bis-GMA es bajo.¹² Para superar estas deficiencias, se añaden monómeros de baja viscosidad tales como el TEGDMA

(trietilenglicol dimetacrilato). Actualmente el sistema Bis-GMA / TEGDMA, es uno de los más usados en las resinas compuestas.¹⁰

Por otro lado, la molécula de Bis-GMA, tiene dos grupos hidroxilos los cuales promueven la sorción. Un exceso de sorción acuosa en la resina tiene efectos negativos en sus propiedades y promueve una posible degradación hidrolítica.¹⁷

Actualmente, monómeros menos viscosos como el Bis-EMA (Bisfenol A Polietileno glicol dieter dimetacrilato), han sido incorporados en algunas resinas, lo que causa una reducción de TEGDMA. El Bis-EMA posee mayor peso molecular y tiene menos uniones dobles por unidades de peso, en consecuencia produce una reducción de la contracción de polimerización, confiere una matriz más estable y también mayor hidrofobicidad, lo que disminuye su sensibilidad y alteración por la humedad.¹⁸ Otro monómero ampliamente utilizado, acompañado o no de Bis-GMA, es el UDMA (dimetacrilato de uretano). Su ventaja es que posee menos viscosidad y mayor flexibilidad lo que mejora la resistencia de la resina.¹⁹ Las resinas compuestas basadas en UDMA pueden polimerizar más que las basadas en Bis-GMA.²⁰

Partículas de Relleno.- Son las que proporcionan estabilidad dimensional a la matriz resinosa y mejoran sus propiedades, siempre que las partículas estén bien adheridas a la matriz.¹⁰ La adición de estas partículas a matriz reduce la contracción de polimerización, la sorción acuosa y el coeficiente de expansión térmica, proporcionando un aumento de la resistencia a la tracción a la compresión y a la abrasión, aumentando el módulo de elasticidad (rigidez).²⁰ Las partículas de relleno más utilizadas son las de cuarzo o vidrio de bario y son

obtenidas de diferentes tamaños a través de diferentes procesos de fabricación (pulverización, trituración, molido). Las partículas de cuarzo son dos veces más duras y menos susceptible a la erosión que el vidrio, además de que proporcionan mejor adhesión con los agentes de conexión (silano). También son utilizadas partículas de sílice de un tamaño aproximado de 0,04mm (micropartículas), las cuales son obtenidas a través de procesos pirolíticos o de precipitación (sílice coloidal).^{19,20}

Beneficios del relleno

El propósito principal de las partículas de relleno es reforzar la resina compuesta y reducir la cantidad de material de la matriz. Muchas de las propiedades de las resinas compuestas dentales se han mejorado gracias a un aumento de la “carga” del relleno (fracción volumétrica), lo que produce: 1) el refuerzo de la matriz de resina, que provoca una mayor dureza, resistencia y una disminución del desgaste, 2) reducción de la contracción de polimerización, 3) reducción de la expansión y contracción térmica, 4) aumento de la viscosidad y por ello mejora de su manipulación (el monómero líquido más el relleno dan lugar a una consistencia pastosa), 5) disminución en la absorción del agua, menor reblandecimiento y tinción y 6) aumento de la radiopacidad y de la sensibilidad diagnóstica gracias a la incorporación de cristales de estroncio (Sr) y bario (Ba) y otros metales pesados que absorben los rayos X.^{10,21}

Agente de conexión o de acoplamiento.- Durante el desarrollo inicial de las resinas compuestas, las propiedades del material, dependían de la formación de una unión fuerte entre el relleno inorgánico y matriz orgánica. La unión de estas dos fases se logra recubriendo las partículas de relleno con un agente de acoplamiento que tiene características tanto de relleno como de la matriz.²² El agente responsable de esta unión es una molécula bifuncional que tiene grupos silano (Si-OH) en un extremo y grupos metacrilatos (C=C) en el otro. Debido a que la mayoría de las resinas compuestas disponibles comercialmente tienen relleno basado en sílice, el agente de acoplamiento más utilizado es el silano.²³

El silano que se utiliza con mayor frecuencia es el γ -metracril-oxipropiltrimetoxi-silano (MPS); éste es una molécula bipolar que se une a las partículas de relleno cuando son hidrolizados a través de puentes de hidrogeno y a su vez, posee grupos metacrilatos, los cuales forman uniones covalentes con la resina durante el proceso de polimerización ofreciendo una adecuada interfase resina / partícula de relleno.²⁴

Asimismo el silano mejora las propiedades físicas y mecánicas de la resina compuesta, pues establece una transferencia de tensiones de la fase que se deforma fácilmente (matriz resinosa), para la fase más rígida (partículas de relleno). Además, estos agentes de acoplamiento previenen la penetración de agua en la interfase BisGMA / Partículas de relleno, promoviendo una estabilidad hidrolítica en el interior de la resina.²⁴

Sistema iniciador-activador de polimerización: El proceso de polimerización de los monómeros en las resinas compuestas se puede lograr de varias formas. En cualquiera de sus formas es necesaria la acción de los radicales libres para iniciar la reacción. Para que estos radicales libres se generen es necesario un estímulo externo.²⁷ En las resinas autocuradas el estímulo proviene de la mezcla de dos pastas, una de las cuales tiene un activador químico (amina terciaria aromática como el dihidroxietil-p-toluidina) y la otra un iniciador (peróxido de benzoilo). En el caso de los sistemas fotocurado, la energía de la luz visible provee el estímulo que activa un iniciador de la resina (canforoquinonas, lucerinas u otras dicetonas). Es necesaria que la resina sea expuesta a una fuente de luz con la adecuada longitud de onda entre 420 y 500 nanómetros en el espectro de luz visible. Sin embargo, el clínico debe ser cuidadoso en minimizar la exposición de luz, hasta que el material esté listo para usar, de otra forma puede comenzar una polimerización prematura y el tiempo de trabajo se puede reducir considerablemente.²⁶

Inhibidores de Polimerización: Para minimizar o evitar la polimerización espontánea de monómeros, se agregan inhibidores a los sistemas de resina. Estos inhibidores tienen fuerte potencial de reacción con radicales libres. Si se ha formado un radical libre, como en una breve exposición a la luz cuando se ha dispersado el material, el inhibidor reacciona con el radical libre y así inhibe la propagación de la cadena terminando la capacidad del radical libre de iniciar el proceso de polimerización. Cuando todos los inhibidores se han consumido ocurrirá la propagación de la cadena. Un inhibidor típico es el hidroxitoluenobutilado que se emplea en concentraciones de 0.01% por peso.¹⁰

Modificadores Ópticos: Para lograr la apariencia del diente, los composites deben tener color visual (matizado) y translucidez que puede simular la estructura dental. El matizado se logra por adición de diferentes pigmentos que a menudo consisten en óxidos metálicos generalmente titanio o aluminio en pequeñas cantidades (0.001 a 0.007 % en peso) a los composites porque estos óxidos son buenos opacificadores.¹⁰

3.2.1.2. CLASIFICACIÓN DE LAS RESINAS COMPUESTAS

Una clasificación aun válida es la propuesta por Lutz y Philips. Esta clasificación divide las resinas basadas en el tamaño y distribución de las partículas de relleno en convencionales o macrorrelleno (partículas de 0,1 a 100 μm), microrrelleno (partículas de 0,04 μm) y resinas híbridas (con rellenos de diferentes tamaños). Otro sistema de clasificación fue el ideado por Wilerns y Col.²⁷ el cual a pesar de ser más complejo aporta más información sobre diversos parámetros como el módulo de Young, el porcentaje del relleno inorgánico (en volumen), el tamaño de las partículas, la rugosidad superficial y la resistencia compresiva.

Para conocer con mayor profundidad estos materiales y entender su comportamiento e indicaciones, las resinas compuestas se pueden clasificar de acuerdo a distintos parámetros, como son:

a. Según el Relleno¹⁰

- Macrorrelleno o convencionales:

El relleno más común es el cuarzo, con un tamaño de partícula entre 8 y 80 μm , rodeadas de una apreciable cantidad de matriz de resina. Actualmente se encuentran en desuso.¹¹

- Microrrelleno:

Posee sílice coloidal como relleno inorgánico. El tamaño de partícula es de 0.04 μm aproximadamente. De este modo se mejora la calidad del pulido y la resistencia a la abrasión. Su desventaja es la disminución de la resistencia compresiva en comparación a otras resinas compuestas.¹¹

- Híbridas:

Las partículas de las resinas compuestas de tipo híbrida, corresponden a sílice coloidal (micro relleno) y partículas con un tamaño promedio entre 1.5 y 2 μm , lo que otorga una superficie con mayor pulido y adecuada resistencia mecánica. Este grupo de resinas compuestas combina las propiedades de las anteriores.¹¹

- Micro híbridas:

Mezclan partículas de micro relleno con partículas más grandes, de un tamaño entre 0.4 y 0.7 μm . Poseen excelentes propiedades físicas, con una resistencia mecánica compresiva mayor que las anteriores y una resistencia al desgaste compatible a su función. Además poseen buena terminación y pulido. Al tener

esta combinación de partículas, es posible incorporar un alto porcentaje de relleno, aproximadamente un 67% en volumen. Todas estas características permiten que este tipo de resinas compuestas sean las de mayor uso en la actualidad, con utilidad para piezas dentarias del sector anterior como en el posterior de la boca. ¹¹

- Nanorrelleno:

Corresponden a los composites que poseen partículas de relleno de tamaño promedio 25 nm. Este tamaño de partícula está por debajo del rango de longitud de onda de la luz visible, por lo que no dispersan ni absorben luz visible. Este tipo de relleno permite la incorporación de radiopacificadores que no interfieren con las propiedades estéticas y, sobre todo, incrementan el nivel de relleno a niveles de 90% - 95% en peso, controlando de mejor manera la contracción por polimerización y mejorando significativamente sus propiedades físicas. Estos composites son de última generación y para su formulación se ha utilizado nanotecnología. La nanotecnología corresponde a la aplicación de componentes o elementos de escala nanométrica en algún proceso tecnológico. Las ventajas que otorgan la incorporación de nanopartículas mejoran algunas propiedades mecánicas y estéticas tales como una mayor resistencia a la abrasión y un mejor pulido superficial que los anteriores tipos de resina compuesta.²⁸

b. Según el tipo de monómero que compone la matriz²⁹

- Bis-GMA:

Bisfenol –glicidil metacrilato. Posee un grupo activo a cada extremo de la cadena. Como característica principal tenemos su gran viscosidad y elevado peso molecular.³⁰

- DMU o UDMA:

Dimetacrilato de uretano. Posee una cadena más larga que la anterior, proporciona una matriz más fluida y pegajosa con mejores propiedades ópticas.³⁰

- Mixtas:

Corresponden a aquellos composites que en su composición combinan distintos tipos de monómero, con el objetivo de mejorar algunas propiedades del material. Los monómeros que las componen pueden ser bis – GMA, UDMA y / o TEGDMA, en distintas proporciones.³⁰

Al combinar estos monómeros, se puede obtener una consistencia que otorga mejor manipulación y mejores propiedades ópticas.

- Silorano:

Monómero basado en una combinación de siloxanos y oxiranos. Los siloxanos son bien conocidos en las aplicaciones industriales por su hidrofobicidad. Los polímeros oxirano son conocidos por su baja contracción y excelente estabilidad hacia muchas fuerzas e influencias físicas y químico-físicas. Dicho mecanismo le otorga su principal característica al silorano: una contracción de polimerización inferior al 1%, y una consecuente tensión en la interfaz resina/adhesivo de apenas 2 MPa.

El mecanismo de polimerización que conduce a su endurecimiento se produce por su apertura de anillos, reacción responsable de generar una contracción volumétrica de muy baja magnitud. Durante el proceso de polimerización, las moléculas tienen que aproximarse a sus “vecinas”, con el fin de formar enlaces químicos. Este proceso resulta en una pérdida de volumen, denominada contracción por polimerización. En contraste a los grupos de reacción lineal de los metacrilatos, la química de apertura de anillo de los siloranos, se inicia con la división y apertura de los sistemas de anillo. Este proceso gana espacio, contrarrestando la pérdida de volumen que ocurre en el paso subsecuente, cuando los enlaces químicos son formados. En total, el proceso de polimerización de apertura de anillo, produce una contracción volumétrica reducida. La cinética de esta reacción es un poco más lenta, comparada con los metacrilatos, lo que trae como ventaja el desarrollo de tensiones de menor cuantía durante la polimerización del material en contacto con una preparación dentaria. Esto se debe, además del tipo de reacción antes explicada, a que el sistema de iniciación está compuesto por la clásica alcanforquinona, sensible a las fuentes lumínicas responsables de la activación de polimerización, y otras dos sustancias químicas

que aseguran la correcta y completa reacción epóxica de curado (apertura de anillo). Dicha cinética de polimerización acarrea otra ventaja, cual es disponer de un mayor tiempo de trabajo clínico (incluso bajo condiciones de iluminación de los focos de alta potencia de las unidades dentales).³¹

c. Según su Activación²⁹:

- Resinas compuestas de Activación química:

En el proceso de activación química, una amina terciaria aromática es quien activa la reacción de polimerización, que al actuar sobre el peróxido de benzoilo, permite la producción de radicales libres que reaccionarán sobre el monómero en el inicio del proceso, a temperatura ambiente.¹¹

- Resinas compuestas de Activación física:

✓ Termo polimerización:

Corresponde a la activación por calor o por un alza en la temperatura del material previamente moldeado y por esta razón son utilizadas principalmente como material para la confección de estructuras indirectas.³²

✓ Foto polimerización:

Corresponde a los sistemas activados por luz visible. En estos sistemas una luz halógena, de longitud entre los 410 y 500 nm., activa a una α - dicetona, la canforoquinona, que en presencia de una amina alifática, inicia la reacción de polimerización. En otras palabras, los fotones actúan sobre la canforoquinona que reacciona liberando radicales libres los que a su vez inician el proceso de polimerización del monómero presente.³²

Las resinas compuestas foto activadas poseen numerosas ventajas en comparación a las resinas compuestas de auto polimerización, entre las cuales se puede mencionar la menor cantidad de monómero residual que se encuentra posterior al proceso de polimerización, un proceso de polimerización más rápido, la capacidad que posee la luz de atravesar las estructuras dentarias, y proporcionar una mayor estabilidad de color.³⁰

✓ Resinas compuestas de Activación mixta:

Corresponden a la combinación de distintos sistemas de polimerización, tales como calor – presión, luz – presión, calor – luz, o foto – auto polimerización, siendo esta última combinación la más utilizada hoy en día en las resinas compuestas destinadas a la fijación de estructuras indirectas en boca.³⁰

d. Según su Viscosidad²⁹

- Resinas compuestas convencionales

Corresponden a un grupo de resinas compuestas que poseen una viscosidad intermedia. Esta característica está dada por la cantidad de relleno presente en su estructura, la que corresponde a un 72% - 82% en peso, y a un 60% - 68% en volumen. Tienen un bajo índice de desgaste, alta elasticidad y resistencia a la fatiga.³¹

- Resinas compuestas condensables

Corresponden a aquellos composites con una estructura similar a la de cualquier resina, donde la porción inorgánica o de relleno constituye el 77% a 83% en peso y 65% a 71% en volumen. Poseen una malla polimérica rígida (fibras cerámicas porosas silanizadas conectadas entre sí que permiten el infiltrado de la matriz orgánica entre ellas), lo que brinda una viscosidad similar a la de la amalgama. Debido a su alto contenido de relleno, se hace necesario condensar el material para lograr su adaptación a la cavidad a restaurar. Son altamente resistentes al desgaste y a la fatiga, con un alto módulo de elasticidad que las hace comportarse como resinas rígidas.^{34,35,36}

- Resinas compuestas fluidas

Son resinas compuestas de baja viscosidad, es decir, más fluidas que la resina compuesta convencional. Para poder alcanzar esta característica, se les disminuyó el porcentaje de relleno inorgánico y se eliminó de su composición algunas sustancias, con lo cual mejora su manipulación. La cantidad de relleno que poseen es de 51% a 65% en peso y de 36% a 50% en volumen. Esto les confiere un bajo módulo de elasticidad y una gran flexibilidad. Son de fácil pulido y poseen una baja resistencia al desgaste.³⁴

Además producen alta humectabilidad de la superficie dental, asegurando la penetración en todas las irregularidades del sustrato dentario, formando espesores de capa mínimos que eliminan el atrapamiento o inclusión de aire en su interior.³⁴

Clasificación Actual²⁹

- Resinas de macrorrelleno o convencionales

Tienen partículas de relleno con un tamaño promedio entre 10 y 50 μm . Este tipo de resinas fue muy utilizado, sin embargo, sus desventajas justifican su desuso. Su desempeño clínico es deficiente y el acabado superficial es pobre, visto que hay un desgaste preferencial de matriz resinosa, propiciando la prominencia de grandes partículas de relleno las cuales son más resistentes. Además, la

rugosidad influencia el poco brillo superficial y produce una mayor susceptibilidad a la pigmentación.³⁷ Los rellenos más utilizados en este tipo de resinas fueron el cuarzo y el vidrio de estroncio o bario.³⁸ El relleno de cuarzo tiene buena estética y durabilidad pero carece de radiopacidad y produce un alto desgaste al diente antagonista. El vidrio de estroncio o bario son radiopacos pero desafortunadamente son menos estables que el cuarzo.³

- Resinas de microrrelleno

Estas contienen relleno de sílice coloidal con una tamaño de partícula entre 0,01 y 0,05 μm . Clínicamente estas resinas se comportan mejor en la región anterior, donde las ondas y la tensión masticatorias son relativamente pequeñas, proporcionan un alto pulimento y brillo superficial, confiriendo alta estética a la restauración. Sin embargo, cuando se aplican en la región posterior muestran algunas desventajas, debido a sus inferiores propiedades mecánicas y físicas, ya que, presentan mayor porcentaje de sorción acuosa, alto coeficiente de expansión térmica y menor módulo de elasticidad.³⁹

- Resinas híbridas

Se denominan así por estar reforzados por una fase inorgánica de vidrios de diferente composición y tamaño en un porcentaje en peso de 60% o más, con tamaños de partículas que oscilan entre 0,6 y 1 μm , incorporando sílice coloidal con tamaño de 0,04 μm . corresponden a la gran mayoría de los materiales compuestos actualmente aplicado al campo de la Odontología.⁴⁰

Los aspectos que caracterizan a estos materiales son disponer de gran variedad de colores y capacidad de mimetización con la estructura dental, menor contracción de polimerización, baja sorción acuosa, excelentes características de pulido y texturización, abrasión, desgaste y coeficiente de expansión térmica muy similar al experimentado por las estructuras dentarias, fórmulas de uso universal tanto en el sector anterior como en el posterior, diferentes grados de opacidad y translucidez en diferentes matices y fluorescencia.⁴¹

- Resinas de nanorelleno

Este tipo de resinas son un desarrollo reciente, contienen partículas con tamaños menores a 10 nm (0,01 μm), este relleno se dispone de forma individual o agrupados en “nanoclusters” o nanoagregados de aproximadamente 75 nm.⁴²

El uso de la nanotecnología en las resinas compuestas ofrecen alta translucidez, pulido superior, similar a las resinas de microrrelleno pero manteniendo propiedades físicas y resistencia al desgaste equivalente a las resinas híbridas. Por estas razones, tienen aplicaciones tanto en el sector anterior como en el posterior.^{42,43}

3.2.1.3. PROPIEDADES DE LAS RESINAS COMPUESTAS

- ✓ Coeficiente de expansión térmica

Es la velocidad de cambio dimensional por unidad de temperatura. Cuanto más se aproxime el coeficiente de expansión térmica de la resina al coeficiente de

expansión térmica de los tejidos dentarios, habrá menos probabilidades de formación de brechas marginales entre el diente y la restauración, al cambiar la temperatura. Un bajo coeficiente de expansión térmica está asociado a una mejor adaptación marginal. Las resinas compuestas tienen un coeficiente de expansión térmica unas tres veces mayor que la estructura dental, lo cual es significativo, ya que, las restauraciones pueden estar sometidas a temperaturas que van desde los 0° C hasta los 60° C.¹¹

✓ Textura Superficial

Se define la textura superficial como la uniformidad de la superficie del material de restauración, es decir, en las resinas compuestas la lisura superficial está relacionada en primer lugar con el tipo, tamaño y cantidad de las partículas de relleno y en segundo lugar con una técnica correcta de acabado y pulido. Una resina rugosa favorece la acumulación de placa bacteriana y puede ser un irritante mecánico especialmente en zonas próximas a los tejidos gingivales. En la fase de pulido de las restauraciones se logra una menor energía superficial, evitando la adhesión de placa bacteriana, se elimina la capa inhibida y de esta forma se prolonga en el tiempo la restauración de resina compuesta. Las resinas compuestas de Nanorelleno proporcionan un alto brillo superficial.⁴⁴

✓ Contracción de Polimerización

Es el mayor inconveniente de estos materiales de restauración. Las moléculas de la matriz de una resina compuesta (monómeros) se encuentran separadas antes de polimerizar por una distancia promedio de 4 nm. (Distancia de unión

secundaria). Al polimerizar y establecer uniones covalentes entre sí, esa distancia se reduce a 1,5 nm (distancia de unión covalente).

La contracción de polimerización de las resinas es un proceso complejo en el cual se generan fuerzas internas en la estructura del material que se transforman en tensiones cuando el material está adherido a las superficies dentarias, ⁴⁵ las tensiones que se producen durante la etapa pro gel, o la etapa de la polimerización donde el material puede aún fluir, pueden ser disipadas en gran medida con el flujo del material. Pero una vez alcanzado el punto de gelación, el material no fluye y las tensiones en su intento de disiparse pueden generar:

Deformación externa del material sin afectar la interfase adhesiva (si existen superficies libres suficientes o superficies donde el material no está adherido).

Brechas en la interfase dientes restauración (si no existen superficies libres suficientes y si la adhesión no es adecuada).

Fractura cohesiva del material restaurador (si la adhesión diente restauración es buena y no existen superficies libres).⁴⁵

La contracción de polimerización siempre es un fenómeno anexo a la polimerización. Por lo tanto, cualquier material que endurezca por esa vía presentará algún grado de variación dimensional.⁴⁵

✓ Reducción del stress de Polimerización

La causa principal del fracaso de las restauraciones con resinas compuestas es la caries secundaria. Este fenómeno según Feilzer y Col, guarda relación directa con

la contracción que sufre el composite (1,35 al 7%) durante el proceso de fotopolimerización. La tensión generada durante el proceso de polimerización afecta la zona de interfase diente-material restaurador, siendo capaz de provocar microcracks o fallos de la unión (desadaptaciones microscópicas). La magnitud del stress de polimerización y la concentración total de la restauración, depende directamente del módulo de elasticidad, capacidad de fluir y deformación del composite, del uso de bases, del sistema de adhesión dental, método y sistema de fotocurado, entre otros.⁴⁶

El desarrollo de los nuevos sistemas de adhesivos dentales, ha disminuido la aparición de la brecha o microcracks en la zona de interfase. Sin embargo, a pesar de los adelantos antes descritos y a los elevados índices de éxito clínico reportado por varias investigaciones en el campo, es necesario modificar las formulas químicas de los sistemas de resinas compuestas convencionales, con el objetivo de reducir la sensibilidad de la técnica, mejorar la versatilidad del producto y las propiedades bio-físico-químicas.⁴⁷

✓ Sorción Acuosa

Es la absorción y adsorción de líquidos al composite, no solo el acople de líquidos y ganancia de ellos a su estructura sino también la adsorción que es el acúmulo de moléculas líquidas en su superficie. Esta sorción acuosa no es totalmente perjudicial y que esta expansión higroscópica que se produce por la captación de líquidos podría contrarrestar en parte la contracción de polimerización.¹¹

Propiedades mecánicas que influyen en la integridad de la restauración.

✓ Módulo de Elasticidad

El módulo de elasticidad indica la rigidez de un material. Un material con un módulo de elasticidad elevado será más rígido, en cambio un material que tenga un módulo de elasticidad más bajo es más flexible. En las resinas compuestas esta propiedad igualmente se relaciona con el tamaño y porcentaje de las partículas de relleno. A mayor tamaño y porcentaje de las partículas de relleno, mayor módulo elástico.⁴⁴

✓ Resistencia al desgaste

Es la capacidad que poseen las resinas compuestas de oponerse a la pérdida superficial, como consecuencia del roce con la estructura dental, el bolo alimenticio o elementos tales como cerdas de cepillos y palitos de dientes. Esta deficiencia no tiene efecto perjudicial inmediato pero lleva a la pérdida de la forma anatómica de las restauraciones disminuyendo la longevidad de las mismas. Esta propiedad depende del tamaño, la forma y el contenido de las partículas de relleno así como de la localización de la restauración en la arcada dental y las relaciones de contacto oclusales.⁴⁷ Cuanto mayor sea el porcentaje de relleno, menor el tamaño y mayor la dureza de sus partículas, la resina tendrá menor abrasividad.⁴⁴

✓ Resistencia a la fractura

Es la tensión para provocar una fractura (resistencia máxima). Las resinas compuestas presentan diferentes resistencias a la fractura y va a depender de la cantidad de relleno. Las resinas compuestas de alta viscosidad tienen alta resistencia a la fractura debido a que absorben y distribuyen mejor el impacto de las fuerzas de masticación.⁴⁶

✓ Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión indica la habilidad demostrada por un material para resistir presiones verticales, siendo una propiedad mecánica importante para las resinas compuestas, pues se sabe que durante el acto masticatorio las fuerzas que son transmitidas sobre esas restauraciones pueden fracturarlas o hasta provocar la fractura dental. La resistencia a compresión del esmalte (384 MPa), de la dentina (297 MPa) y la resistencia a la fractura de los dientes naturales (molar: 305 MPa; premolar: 248 MPa) pueden servir como padrón mecánico para seleccionar la resistencia ideal de las resinas compuestas para dientes posteriores.⁴⁸

✓ Dureza

La dureza es una condición de la superficie del material, no representa ninguna propiedad de la materia y está relacionada con las propiedades elásticas y plásticas del material. Si bien, es un término que nos da idea de solidez o firmeza,

no existe una definición única acerca la dureza y se la suele definir arbitrariamente en relación al método particular que se utiliza para la determinación de su valor. De esta manera algunas definiciones son: ¹⁰

- Resistencia a la indentación permanente bajo cargas estáticas o dinámicas (dureza por penetración).
- Absorción de energía bajo cargas de impacto o dinámicas (dureza por rebote).
- Resistencia a la abrasión (dureza por desgaste).
- Resistencia al rayado (dureza por rayado).

Independientemente de las definiciones enumeradas, en general, se entiende por dureza la propiedad que tienen los materiales de resistir la penetración de un indentador bajo carga. En este sentido definiremos dureza como la resistencia de un material a la deformación plástica localizada.⁴⁹

Los diferentes métodos desarrollados para medir la dureza en general consisten en producir una deformación local, en el material que se ensaya, a través de un indentador. Los valores obtenidos son siempre dependientes del método y las condiciones en las que se ensaya por lo que para que un valor de dureza sea útil y permita su comparación debe estar acompañada de la indicación del método utilizado y las condiciones del ensayo.⁴⁹

Los diferentes métodos utilizados para obtener los valores de dureza se pueden clasificar en dos grandes grupos según la forma de aplicación de la carga:

-Ensayos estáticos: En los que la carga se aplica en forma estática o cuasi-estática. En este caso un indentador se presiona contra la superficie de ensayo con una carga que se aplica en forma relativamente lenta. En general la medida de dureza en este tipo de ensayo resulta del cociente de la carga aplicada y el área de la huella que deja el indentador en la superficie, como es el caso de los métodos Brinell, Vickers y Knoop, o bien es una medida de la profundidad de la indentación como en el ensayo Rockwell.

-Ensayos dinámicos: En los que la carga se aplica en forma de impacto. En general el indentador es lanzado sobre la superficie a ensayar con energía conocida y el valor de dureza se obtiene a partir de la energía de rebote del penetrador luego de impactar en la muestra, como sucede en el método de Shore y en el de Leeb, ambos conocidos como método de dureza por rebote.⁴⁹

En general se mide dureza cuando se ha establecido una correlación entre la dureza y alguna otra propiedad del material, como por ejemplo la resistencia a la abrasión o al desgaste, la resistencia a la tracción, etc. Sin embargo debe advertirse que dichas correlaciones son aplicables en forma muy cuidadosa sobre un rango acotado de materiales sobre los cuales se conoce, empíricamente, las condiciones en que se cumple la relación entre la propiedad buscada y el valor de la dureza.⁴⁹

En general se puede utilizar la medición de dureza para: ⁴⁹

- Evaluar la efectividad de un tratamiento térmico.
- Evaluar la resistencia al desgaste de un material
- Evaluar la maniobrabilidad del material.
- Obtener una idea de la resistencia a la tracción de un material.

Los ensayos de dureza son junto con la tracción los más utilizados en la selección y control de calidad de los materiales. El empleo de los ensayos de dureza como instrumento de clasificación y control de calidad en las líneas de producción ha sido favorecido gracias a la automatización de los ciclos de medición de los métodos tradicionales tales como el Rockwell o el Brinell. En este sentido existen aparatos que permiten ciclos automáticos de medición muy rápidos en los que prácticamente no se requiere la intervención del operador. Además el avance de la microelectrónica y el software embebido han permitido el desarrollo de instrumentos medidores de dureza portátiles muy fáciles y rápidos de utilizar, que permiten la medición de piezas y lugares en los que los métodos tradicionales no son aplicables. ⁵⁰

En relación a la estructura dentaria, cuando se produce la erosión, la desmineralización inicial está caracterizada por una superficie reblandecida con disolución de prismas periféricos sin formación de lesión subsuperficial. En este caso la microdureza superficial es suficientemente sensitiva para lesiones superficiales ya que puede detectar estados tempranos de desmineralización. Las piezas dentales posteriores y las restauraciones son sometidas constantemente al

desgaste por las fuerzas masticatorias, desgastando el esmalte e incluso dentina.⁵¹

La dureza determina el grado de deformación de un material, su resistencia a la indentación y se acepta como una propiedad importante y un parámetro valioso en la comparación con la estructura dental. Los valores de dureza de esmalte y dentina en unidades Vickers se expresan como 348HV y 80 HV respectivamente.⁵²

Sistemas de medición de Dureza

Sistema Brinell.-El ensayo de dureza Brinell consiste en presionar la superficie del material a ensayar con una bolilla de acero muy duro o carburo de tungsteno, produciéndose la impresión de un casquete esférico correspondiente a la porción de la esfera que penetra. El valor de dureza, número de Brinell HB, resulta de dividir la carga aplicada por la superficie del casquete. La profundidad del casquete impreso se mide directamente en la máquina, mientras la carga se mantiene aplicada de modo de asegurar un buen contacto entre la bolilla y el material.

Tiene dos inconvenientes: el primero es que no sirve para materiales frágiles, ya que producir la huella representa superar bastante el límite proporcional, lo que no es posible en ese tipo de materiales. El otro inconveniente es que no tiene en cuenta la recuperación que se produce en el material después de retirar la esfera, es decir que no se mide la magnitud real de la penetración sino la penetración

menos la recuperación que se produce cuando tiende la superficie a volver a su forma original.^{53,10}

Sistema Rockwell.-Al igual que en el ensayo Brinell la dureza se determina en función del grado de penetración de la pieza a ensayar a causa de la acción del penetrador bajo una carga estática dada. Difiere del ensayo Brinell en que las cargas son menores y los penetradores más pequeños por lo que la impronta será menor y menos profunda.

Además el ensayo Rockwell no requiere la utilización de fórmula alguna para la determinación de la dureza. Esta se obtiene directamente del dial indicador de la máquina ya que la misma está dada por el incremento de profundidad de penetración debido a la acción del penetrador, el cual puede ser una bolilla de acero o un cono de diamante. Ofrece menos garantías de exactitud pero el ensayo es más rápido y fácil de llevar a efecto.^{53,10}

Los métodos más exactos son los basados en el empleo de indentadores de diamante tallados en formas especiales.^{53, 54}

Sistema Knoop.-En la microdureza Knoop se utiliza un penetrador de diamante. La dureza se determina mediante el cociente de la carga aplicada y el área de la impronta proyectada sobre la superficie que se evalúa y en la que no debe tenerse en cuenta la recuperación elástica del material. Sin embargo, la medición de la superficie requiere que se retire el penetrador y por lo tanto el material produce la recuperación elástica y la consecuente deformación de la impronta.

Por esto, considerando que la diagonal mayor l prácticamente no es afectada por la recuperación, el cálculo de la superficie se realiza en función de ésta.^{55,10}

Sistema Vickers.-La determinación de la dureza Vickers es similar a la Brinell ya que se obtiene del cociente de la carga aplicada por la superficie de la impronta. Sin embargo en este caso se utiliza una carga pequeña y el penetrador es un diamante en forma de pirámide.

Las cargas pueden variar de 1 a 100 kg según el espesor y tipo de material. En general las máquinas estándar proveen cargas de 1, 2.5, 5, 10, 20, 30, 50, 100 y 120 kg de las cuales las de 30 y 50 kg son las más usadas.¹² El ángulo del penetrador Vickers se adoptó de tal manera que los números Vickers coincidan con los Brinell. Para relacionar el método Vickers con el Brinell es necesario considerar la condición de semejanza y los límites a partir de los cuales la bolilla no experimenta deformaciones y se obtienen impresiones nítidas. De esta manera resulta una impronta en el que las tangentes a la bola forman un ángulo de 136° , que resulta el ángulo adoptado para la construcción del penetrador piramidal.¹⁰

Sin embargo la coincidencia entre los valores de dureza que arrojan ambos métodos solo se cumple hasta aproximadamente 350 unidades. Esto se debe a que para valores mayores la deformación que sufre la bolilla utilizada en el ensayo Brinell modifica en parte el valor de dureza obtenido. De aquí se desprende que el ensayo Vickers es más exacto, debido a la menor deformación del penetrador, para durezas que sobrepasan los 500 Brinell.⁵⁴

En este tipo de ensayos la penetración es del orden de algunos micrones, por lo que pueden ensayarse chapas y láminas extremadamente delgadas, o superficies tratadas en las que el espesor del tratamiento es muy delgado como es el caso de los materiales dentales.

En los ensayos de microdureza se utilizan aparatos que aplican cargas que pueden variar de 0,01 kg a 2 kg.^{55,10}

La huella dejadas en las pruebas de microdureza Vickers y Knoop son muy pequeñas y permiten realizar mediciones aun en áreas muy reducidas y se prestan para determinar la dureza de materiales bastante frágiles como lo son los materiales dentarios. Por eso se usará la prueba de microdureza Vickers para medir la dureza superficial en los elementos de restauraciones dentarias. La ventajas de la prueba Knoop sobre Vickers es poder medir laminas mucho más delgadas siendo en Vickers 0.2 mm la medida mínima, suficiente para medidas en materiales dentales.¹⁰

Por tanto el valor de dureza de hecho es independiente de la ductilidad del material probado. Así mismo la carga puede variar según el límite de amplitud, de un gramo a más de un kilogramo, por lo que mediante esta prueba se pueden obtener los valores de materiales que excedan de dureza y suavidad.¹⁰

3.2.2. RESINAS COMPUESTAS USADAS EN ESTE ESTUDIO

3.2.2.1 FILTEK Z350 XT:

La Resina Universal Filtek Z350 XT de 3M ESPE es una resina compuesta de nanorelleno activada por luz visible diseñada para ser utilizada según el fabricante en restauraciones anteriores y posteriores.

Composición: Este sistema de resinas es una modificación frente a la resina universal original Filtek Z350 y de la resina universal Filtek Supreme. La resina contiene bis-GMA, UDMA, TEGDMA y bis-EMA. Para controlar la contracción una porción de TEGDMA fue remplazada por una porción de PEGDMA en el material restaurador Filtek Supreme XT.

Los materiales de relleno son una combinación de relleno de sílice no aglomerado/no agregado de 20nm, de relleno de zirconio no aglomerado/no agregado de 4 a 11 nm, y un relleno clúster agregado de zirconio/sílice (partículas de sílice de 20nm y de zirconio de 4 a 11 nm). Los colores para dentina, esmalte y cuerpo (DEB)3 tienen un tamaño promedio de las partículas del clúster de 0.6 a 10 micrones. Los colores translúcidos (T)4 tienen una tamaño promedio de las partículas del clúster de 0.6 a 20 micrones. La carga de relleno inorgánico es aproximadamente de 72.5% por peso (55.6% por volumen) para los colores translúcidos y 78.5% por peso (63.3% por volumen) para el resto de colores.

Colores: El sistema consiste de cuatro opacidades, dados a continuación en orden descendente de opacidad: dentina (el más opaco), cuerpo, esmalte y después el translúcido (muy transparente).

Un adhesivo dental, tal como aquellos fabricados por 3M ESPE, es usado para unir de manera permanente la restauración con la estructura dental.

Indicaciones de uso:

- Restauraciones directas anteriores y posteriores (incluyendo las superficies oclusales)
- Fabricación de núcleos
- Ferulización
- Restauraciones indirectas (incluyendo inlays, onlays y carillas) ⁵⁶

FILTEK Z350XT

Propiedad	
Matriz de Resina	Bis-GMA, Bis-Ema, UDMA y TEGDMA
Relleno	Zirconio / sílice
Carga de relleno por peso %	78.5%
Tamaño de partícula promedio	nanopartículas(5-20 nm) y clusters (0.6 -1.4 µm)
Sistema adhesivo	Adper Single Bond 2
Tiempo de polimerización	Dispositivos de luz halógena: 500 – 1400 mW/cm2, 40 seg, modo estándar
Número de tonos	+ de 20 tonos
Indicaciones	Dientes anteriores y posteriores

3.2.2.2 FILTEK SILORANO P90:

Restaurador Posterior de Baja Contracción y Sistema de Primer Auto-grabador y Adhesivo para Filtek P90 es un sistema para restauraciones posteriores directas Clase I y II. El restaurador Filtek P90 es ofrecido en 4 tonos radiopacos (A2, A3, B2, C2) con una opacidad. Este restaurador se basa en una nueva química de resina (tecnología Silorano) la cual ha alcanzado la contracción más baja disponible actualmente. La contracción reducida conduce a una tensión ampliamente baja de polimerización. La fórmula del Sistema Adhesivo P90 se adapta específicamente a la química del restaurador Filtek P90. La carga de relleno inorgánico es aproximadamente de 76% por peso.⁵⁷

Sistema adhesivo para FILTEK P90:

Los adhesivos disponibles actualmente en el mercado han sido desarrollados para los materiales de metacrilato tradicionales y por lo tanto, conllevarán a resultados insuficientes en combinación con el restaurador Filtek™P90. Debido a la columna vertebral del siloxano, la resina silorano es más hidrofóbica que las resinas de metacrilato convencionales, de modo que resulta en una captación de agua reducida y fenómenos relacionados. Esto significa que este adhesivo tiene que ocupar una mayor diferencia entre el sustrato dental hidrofílico y el material silorano hidrofóbico, si se compara con los materiales de metacrilato convencionales. Por lo tanto, el Sistema Adhesivo para Filtek™P90, ha sido diseñado como un adhesivo de dos pasos:

El sistema de Primer de auto-grabado para Filtek™P90 es más bien hidrofílico, y garantiza una adhesión fuerte y durable. El sistema Adhesivo para Filtek™P90 es optimizado para humedecerse y adherirse al Filtek™P90 restaurador posterior hidrofóbico.⁵⁷

Indicaciones:

Filtek™ P90 Restaurador Posterior de Baja Contracción, junto con el Sistema de Primer Auto-grabador y Adhesivo para Filtek P90, es un sistema directo, para restauraciones posteriores.

FILTEK P90	
Propiedad	
Matriz de Resina	Silorano
Relleno	Cuarzo y Fluoruro de Itrio
Carga de relleno por peso %	76%
Tamaño de partícula promedio	0.47
Sistema adhesivo	Sistema adhesivo P90
Tiempo de polimerización	Dispositivos de luz halógena: 500 – 1400 mW/cm2, 40 seg, modo estándar
Número de tonos	4 tonos
Indicaciones	Dientes posteriores

3.3 Definición de términos

Bis-GMA: Bisfenol-A- Glicidil Metacrilato. Monómero de la matriz de resinas de metacrilatos.²⁹

Adaptación interna: Adaptación de una resina a las paredes de la estructura dentaria.²⁹

Resistencia cohesiva: Tensión máxima para producir desprendimiento en el interior de un mismo material.²⁹

Resistencia: Causa que se opone a la acción de una fuerza.⁵⁸

Grado de conversión: Porcentaje de monómeros que pasan a ser polímeros.²⁹

Módulo elástico: Expresa la rigidez de un material dado. Para las resinas compuestas depende directamente de la cantidad de relleno y del grado de polimerización de la fase n matriz, aumentando exponencialmente con el porcentaje de la fracción volumétrica del relleno.⁵⁹

Prueba de dureza Vickers: Consiste en observar la capacidad del material cuestionado para resistir la deformación plástica de una fuente estándar.¹⁰

Microdureza: La microdureza es una prueba de laboratorio no destructivo y específicamente localizado, proporcionando datos de la distribución de las

propiedades del material estudiado.³⁸ Las pruebas utilizadas más frecuentemente para determinar la dureza de los materiales dentales son: Brinell, Rockwell, Vickers y Knoop. Sin embargo, solo las durezas Vickers y Knoop evalúan microdureza, pues utilizan una pequeña área del material y poca profundidad (menos que 19µm); mientras que los sistemas Brinell y Rockwell, también denominadas macrodurezas utilizan áreas extensas de un determinado material para el análisis de dureza. Por estos motivos la dureza Vickers y Knoop son comúnmente empleadas para análisis de dureza de materiales odontológicos como resinas compuestas.¹⁰

Indentación: Muesca, depresión o escotadura que deja un material duro al ser impactado contra otro.⁵⁸

Probeta: Muestra de cualquier sustancia o material para probar su elasticidad, resistencia, etc.⁵⁸

3.4 Hipótesis

La microdureza superficial de la resina compuesta de metacrilato Z350 XT es mayor que la de resina compuesta de silorano P90.

3.5 Operacionalización de las variables

Variable	Definición	Indicador	Escala	Valor
Dependiente Microdureza superficial	Resistencia a la indentación que presenta la superficie de cada material medido en Kg/mm ²	Durómetro (Vickers)	Razón	0 a "x"
Independiente Resina compuesta	Material con gran densidad de entrecruzamientos poliméricos, reforzados por una dispersión de sílice amorfo, vidrio, partículas de relleno cristalinas u orgánicas y/o pequeñas fibras que se unen a la matriz gracias a un agente de conexión	Guía de procedimiento clínico	Nominal	-Metacrilato Z350XT - Silorano p90

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de estudio

- Según el tiempo de recolección de la información, es un estudio prospectivo, ya que tiene un inicio y un final, considerando la recolección de datos como punto inicial de la investigación.
- Por el periodo de estudio, es de tipo transversal ya que los resultados de la investigación serán analizados en una sola etapa.
- Según los análisis y alcances de los resultados, es un estudio experimental, ya que se manipulará las variables para la determinación posterior del efecto.

4.2 Población y muestra

Se tomó una muestra intencional de 20 bloques cilíndricos de 6mm de diámetro por 6mm de altura, de los cuales 10 serán elaborados con resina a base de metacrilato Filtek Z350XT color A2(3M-ESPE) y 10 bloques con resina a base de silorano Filtek P90 color A2 (3M-ESPE).

Los bloques serán distribuidos en dos grupos según el material (diez en cada grupo).

4.3 Procedimientos y técnicas

La elaboración de las probetas para prueba de ensayo de dureza superficial, se basó en la norma ISO 4049: 2009 “Materiales de Restauración y Pruebas Mecánicas”, establecidas para materiales poliméricos, ya que es importante estandarizar cada paso para que sean más relevantes los resultados obtenidos, donde se detalla las especificaciones de cada probeta de ensayo así como la cantidad de probetas necesarias para el estudio de cada grupo.

a) Se elaboraron 20 probetas distribuidas de la siguiente manera:

GRUPO I: 10 probetas elaboradas con la resina de metacrilato

GRUPO II: 10 probetas elaboradas con la resina de silorano

b) La temperatura del ambiente de trabajo fue registrada con un termómetro ambiental (Nahita, China) que posee un rango de -30 a 50 °C, obteniéndose una temperatura promedio de 24°C (ANEXO N° 2). La humedad relativa fue registrada por el SENAMHI (ANEXO N° 3), para los días de preparación de las muestras.

c) La preparación de las probetas de resina se realizó en una sesión: Grupos I y II en horario diurno (3:00 pm a 6:00pm), con iluminación artificial y con la temperatura de ambiente evaluada.

d) Se realizaron 10 probetas de resinas compuestas de nanotecnología por cada grupo de estudio, 10 muestras fueron de resina de Silorano Lote N° 471286 (Filtek P90, 3M ESPE USA) y otras 10 de resina de Nanorrelleno

Lote N° 422791 (Filtek Z350 XT, 3M ESPE USA) según las especificaciones de la Organización Internacional de Estandarización (ISO 4049: 2009).

- e) Antes de iniciar la preparación de la probeta se midió la intensidad lumínica de la lámpara LED N° 8213653250 (Optilight Max, Gnatus; Brasil) con un radiómetro (Dentamérica, USA) y se registró una intensidad promedio (10 mediciones) de 1200 mW/cm².
- f) El molde empleado para preparar la probeta fue un tubo de plástico de anestesia N° Lote 070413 (New Stetic, Colombia), en su diámetro externo se fijó una cinta adhesiva transparente (Faber Castell, Lima- Perú) de 6mm de altura que fue previamente calibrada cada 2mm, la cual servía de referencia para colocar los incrementos de resina. Se utilizó acrílico transparente Lote N° 794 (Vitalloy, Argentina) y el embolo de una jeringa de tuberculina Lote 201305 (Rymco, Colombia) como base de la probeta y como embolo del molde plástico.
- g) El tiempo de polimerización de las resinas compuestas fue establecido siguiendo las instrucciones del fabricante (ANEXO N° 4).
- h) Antes de polimerizar el último incremento de resina se colocó una cinta matriz de poliéster o cinta celuloide Lote N° MF5020 (Fava, Brasil) y sobre ella una lámina portaobjeto de 75 mm x 25 mm con un espesor de 0.8-1,1mm (Corning, México), la cual sirvió de punto de apoyo para aplicar presión digital y eliminar el material sobrante consiguiendo así una

superficie plana y paralela a la base, luego se retiró la lámina portaobjeto y se procedió a polimerizar el último incremento de la probeta.

- i) La probeta fue retirada del molde y se procedió a codificarla y enumerarla en la cara transversal inferior (parte media de la cara inferior) con un plumón negro indeleble (Faber Castell, Lima- Perú) para su posterior almacenamiento. Después de retirar la probeta, la longitud del molde fue verificada con un calibrador Vernier Digital de aproximación de 0.01mm (Mitutoyo, Japón) para una distancia de 6mm de altura para todas las probetas.
- j) Se obtuvieron 20 probetas grupos I y II, las cuales fueron pulidas inmediatamente (0 a 15 min. Después de su fotopolimerización).
- k) De acuerdo con la literatura, en este estudio, la preparación de la superficie luego de la polimerización se realizó con pulido y brillo a espejo, para retirar una posible capa inhibida que generaría menor dureza y bajo grado de conversión, paso que contribuye a lograr mejor contraste y reflectancia en el analizador de imágenes al observar la indentación realizada con el durómetro.⁶ Para el pulido de las probetas se utilizaron discos de pulido cubiertos con Oxido de Aluminio Lote N° 315905 (Sof-Lex, 3M ESPE, USA), siguiendo las instrucciones del fabricante y utilizando los discos desde el grano grueso hasta el grano superfino con un intervalo de 20 seg. Para cada disco.

- l) Posterior al procedimiento de pulido, las probetas fueron almacenadas en agua destilada (Diamedsa, Perú) a 37° C en una estufa (W30 VorOffnenNetzsker, Alemania) durante 24h con la finalidad de garantizar un mismo tiempo de curado para todas las probetas, para luego proceder a realizar los ensayos de dureza.
- m) Una vez culminado el tiempo de almacenamiento se procedió a realizar el ensayo de dureza Vickers en el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Pontifica Universidad Católica del Perú, según las instrucciones y normas del microdurómetro digital (ZHV ZwickRoell, Alemania) cuyo protocolo de prueba está acorde a la norma E-384 de la ASTM.
- n) En cada muestra se realizaron 5 indentaciones en 5 puntos diferentes bajo una carga de 500g-f por 10 segundos, el valor de microdureza superficial se determinó midiendo las diagonales de cada hendidura con un microscopio de 20 x y que se registró en micras, este valor se trasladó a un software proporcionado por el fabricante del durómetro, donde se obtuvo de manera directa el valor de dureza superficial de cada indentación expresada en HV (Hardness Vickers).
- o) Finalmente los valores obtenidos de cada indentación fueron trasladados a una tabla de valores de microdureza superficial en unidades HV para cada

muestra. Este procedimiento de traslado de valores se realizó siguiendo la norma de la American Society for Testing and Materials (ASTM) E384.

- p) Se tomaron micro fotografías de las indentaciones que se realizaron en las superficies de las probetas, con la ayuda de un microscopio electrónico de 20x propio de la máquina de indentación para ensayos de dureza Vickers.

4.4 Procesamiento de datos

Los valores de la microdureza obtenidos fueron transcritos en una ficha elaborada para este estudio (ANEXO 1). En esta tabla se colocaron los materiales a estudiar que son la resina de metacrilato FILTEK Z350xt (3M-ESPE, USA) y la resina de silorano FILTEK P90 (3M-ESPE, USA) con los números de muestra correspondientes de cada una, enumeradas de 1 al 20 y al costado de cada una se colocó los valores de microdureza.

4.5 Análisis de los resultados

Los datos obtenidos fueron procesados mediante métodos estadísticos con el paquete STATA V12 Copyright 1985-2011 StataCorp LP. Se realizaron cálculos de Media X, Desviación Estándar, Tolerancia y Grados de Libertad para determinar si es que había una variación estadísticamente significativa entre las medidas de microdureza de los dos materiales evaluados. Se usó la prueba de T-STUDENT para el análisis diferencial.

V. RESULTADOS

Luego de someter los bloques de resina al durómetro, se observó que el grupo de resina de metacrilato Z350XT tuvo un promedio de microdureza superficial que fue 86.40 Kg/mm², siendo el valor mínimo de microdureza 85.20 Kg/mm² y el valor máximo de 89.60 Kg/mm².

En el grupo de la resina de silorano P90, ésta presentó un promedio de microdureza de 84.64Kg/mm², siendo el valor mínimo de microdureza de 82.40 Kg/mm² y el valor máximo de 86.40 Kg/mm².

Mediante la prueba estadística T Student se aceptó la hipótesis planteada: La microdureza superficial de la resina compuesta de metacrilato Z350 XT es mayor que la de resina compuesta de silorano P90. (TABLA 03).

ANÁLISIS DE MEDIA DE LA RESINA DE METACRILATO Z350XT

Analizando tablas, usando pruebas estadísticas se obtiene:

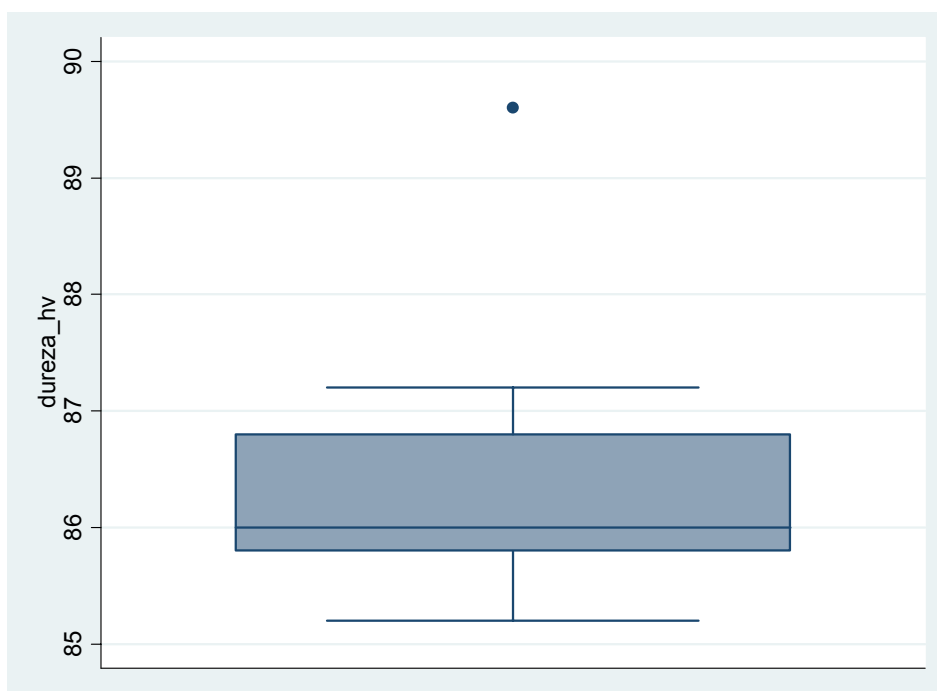
TABLA 01 Análisis de media de la resina de metacrilato Z350XT

variable	Nº	Media	D.S.	Mediana	Mín	Máx
Dureza hv	10	86.40	1.29	86.00	85.20	89.60

Donde se podría comentar La microdureza superficial de la resina compuesta de metacrilato Z350XT en promedio es de 86.40, con una desviación estándar de 1.29, se observa también que el rango de valores se encuentra entre 85.20 y 89.60.

Para graficar algunos resultados utilizamos:

GRÁFICO 01 Análisis de media de la resina de metacrilato Z350XT



ANÁLISIS DE MEDIA DE LA RESINA DE SILORANO P90

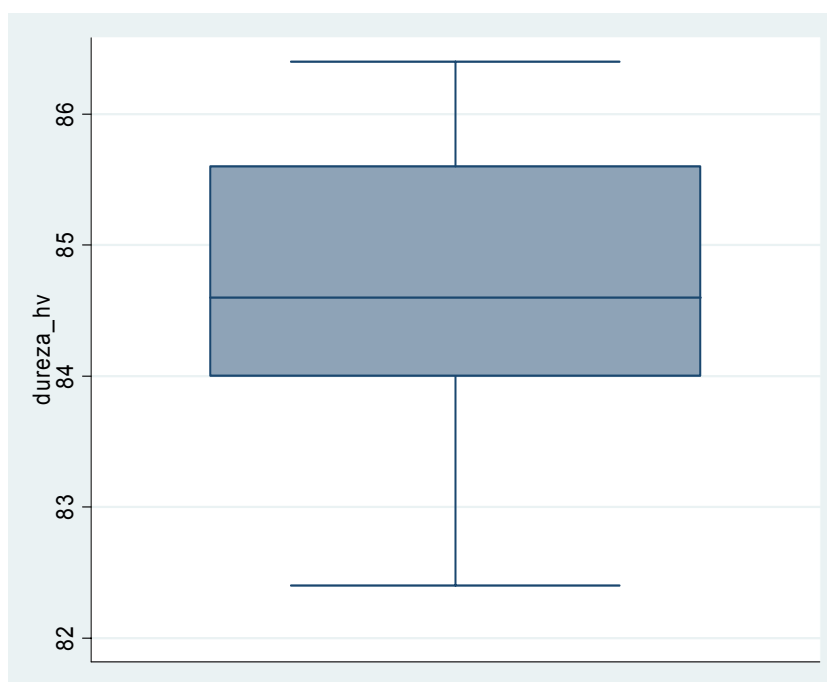
TABLA 02 Análisis de media de la resina de silorano P90

variable	Nº	Media	D.S.	Mediana	Mín	Máx
Dureza hv	10	84.64	1.27	84.60	82.40	86.40

Se puede apreciar que el promedio de microdureza superficial de la resina compuesta de silorano P90 es de 84.64 con una desviación estándar de 1.27, el rango de valores se encuentra entre 82.40 y 86.40.

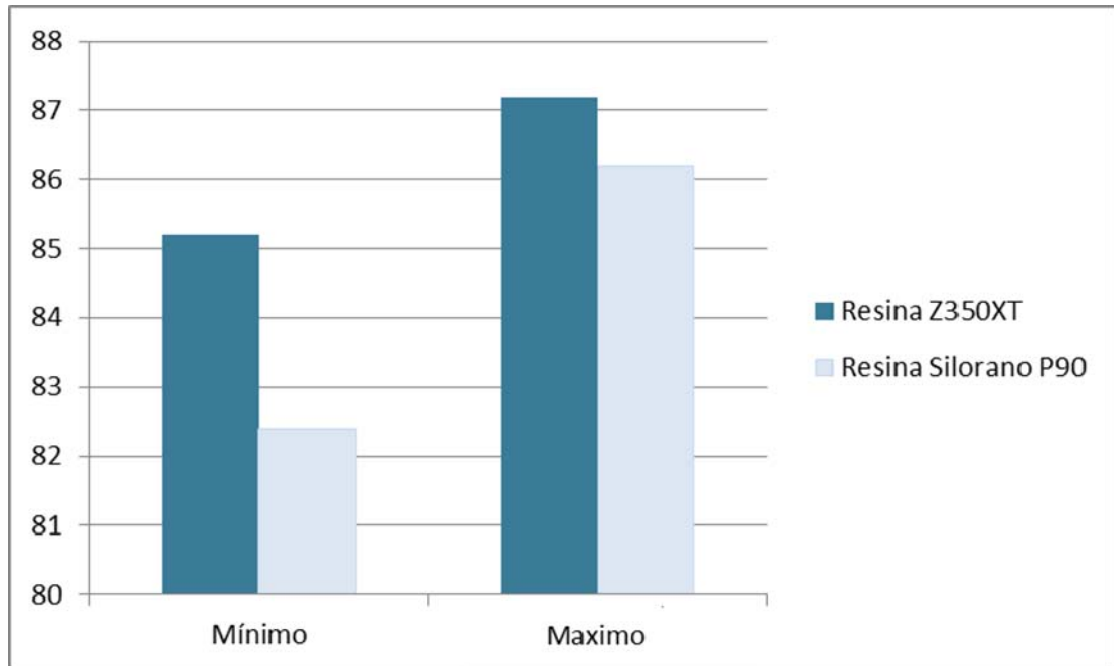
Para graficar algunos resultados utilizamos:

GRÁFICO 02: Análisis de media de la resina de silorano P90



VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE MICRODUREZA SUPERFICIAL

GRÁFICO 3 Valores máximos y mínimos de microdureza superficial



En el gráfico 3 se puede apreciar la comparación entre los valores mínimos y máximos de la resina de metacrilato Z350XT y silorano P90. Donde la resina de metacrilato presento un valor mínimo de 85.20 y un valor máximo de 89.60 mientras que la resina de silorano presento un valor mínimo de 82.40 y un valor máximo de 86.40.

T-STUDENT PARA COMPARAR MICRODUREZA SUPERFICIAL ENTRE RESINA DE METACRILATO Y SILORANO

Empleando la prueba T de Student, aplicando, comparando los dos grupos. Se observó lo siguiente:

TABLA 03 T-Student para comparar microdureza superficial entre resina de metacrilato y silorano

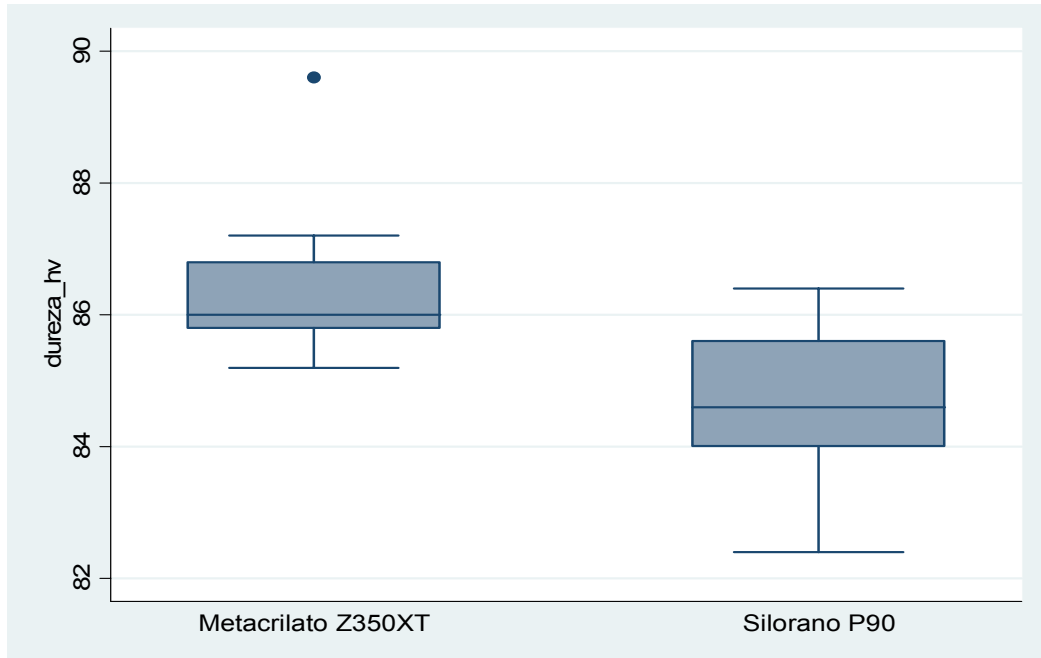
Resina	Nº	Media	E.S.	D.S.	IC 95%	
Metacrilato	10	86.40	0.41	1.29	85.48	87.32
Silorano P90	10	84.64	0.40	1.27	83.73	85.55
Diff		1.76	0.57		0.56	2.96

$$t = 3.0698, P = 0.0066$$

En la tabla de distribución T, se trabajó con un nivel de confianza de 0.05 (P=0.0066), existiendo diferencia significativa.

Para graficar algunos resultados utilizamos:

GRÁFICO 4 Comparación de microdureza superficial entre resina de metacrilato y silorano



Se observa que la microdureza superficial de la resina de metacrilato Z350XT fue mayor que la de silorano P90, siendo estadísticamente significativa ($p=0.0066$).

VI. DISCUSIÓN

Las necesidades estéticas del paciente muchas veces han conducido al clínico a realizar restauraciones con resinas compuestas aun en superficies que soportarán directamente la acción de grandes cargas masticatorias, especialmente las caras oclusales de los dientes posteriores a nivel de las cúspides de trabajo y las funcionales del sector anterior, sin embargo, el alto nivel de desgaste que estas presentan, producto de la carga que recae sobre ellas en muchos casos podría conllevar a la disminución de la dimensión vertical y afectar el equilibrio del sistema estomatognático.

Este estudio tuvo como objetivo medir la dureza de dos tipos diferentes de resinas compuestas y a su vez compararlas. Se determinó que la dureza es útil para analizar la resistencia a la indentación de la resina, que puede relacionarse con su resistencia al desgaste y su capacidad de pulido y brillado.

Una dificultad en la medición de la indentación en la superficie durante la prueba de dureza Vickers, se debe a que las partículas de relleno expuestas sobre la sección o el espécimen causan reflexión de la luz. Consecuentemente, para la rutina de prueba, la indentación se hace generalmente sobre una superficie polimerizada, lisa, tersa y brillante.⁶

De acuerdo con los datos obtenidos en este trabajo, se pudo establecer que existen diferencias significativas en la dureza superficial entre la resina Z350XT y silorano P90 (TABLA 3). Estos resultados son similares con los estudios realizados por Wen L. y col. (2010); donde encontraron que la resina basada en

silorano Filtek® P90 tuvo menor microdureza respecto a otras 5 resinas basadas en metacrilato: un compomer, giomer, nanocompuesto, híbrido y microhíbrido lo que podría atribuirse a la fracción reducida de relleno volumétrico del sistema basado en silorano (55%), afirmando que aumentando el contenido volumétrico de partículas inorgánicas, y modificando el tipo, la química, la morfología y el tamaño de la partícula se puede generar un aumento en la dureza, ya que un grado de conversión elevado de los compuestos a base de metacrilato es directamente proporcional al aumento de la dureza superficial.⁵

Otro estudio que ratificó los resultados de esta investigación fue la de Poggio C. y col. (2012) donde evaluaron la microdureza respecto al tiempo y grado de polimerización de silorano Filtek® P90 frente a resinas de metacrilato tres microhíbridas (Esthet.X HD, Amaris, Filtek Silorane), dos nanohíbridas (Grandio, Ceram-Xmono) y un nanorelleno (Filtek Supreme XT), obteniéndose un menor valor en dureza en la P90, argumentando que los resultados no dependieron de la polimerización sino que fueron generalmente dependientes del material evaluado, especialmente con respecto a las características del relleno. Además encontraron que el tiempo de curado no afectó los valores de dureza.¹

Las investigaciones han demostrado que los valores de dureza son influenciados principalmente por el material, el tipo de partícula, su distribución dentro de la matriz y su porcentaje en peso. Bechtold J. y col. (2012) donde evaluaron la microdureza de composites a base de silorano Filtek® P90 y Filtek® P60 encontrando que los valores de dureza observados en la P60 fueron significativamente mayores que los de Filtek P90, independientemente del método

de fotoactivación, ellos atribuyeron este resultado debido a que la concentración de partículas de relleno en la P90 fue de 76% en peso y en la P60 de 83%². Este estudio corroboró sus resultados, concluyendo que la resina Z350XT con un porcentaje en peso de 78.6, obtuvo mayores valores de dureza respecto a la P90 cuyo porcentaje en peso es 76%.

Baldión E. y col. (2010) realizaron un estudio de microdureza encontrando que la dureza de la resina Z250 fue mayor que la P60[®] y la P90[®], quizá debido a su mayor tamaño promedio de las partículas de relleno inorgánico, y al tipo de partícula constituida por sílice amorfa, que puede comportarse diferente a las partículas de cuarzo cristalino que se encuentran en la resina P90. Según Peutzfield⁵⁹, el cuarzo tiene la ventaja de ser químicamente inerte, pero es difícil su trituración para producir partículas finas, esto hace que los compuestos que contienen cuarzo sean más difíciles de pulir y pueden causar mayor abrasión en los dientes o restauraciones antagonistas; las cuales, ambas investigaciones, concuerdan con los resultados obtenidos en este estudio donde la resina de metacrilato Z350XT está compuesta de sílice a diferencia de la resina de silorano P90 que contiene cuarzo lo que explicaría también el mayor valor de microdureza de la resina Z350XT respecto a la resina basada en silorano.⁶

Este estudio dio resultados similares a estudios teóricos y experimentales anteriores, que demostraron que las resinas compuestas a base de metacrilato con partículas de carga de tamaño nanométrico muestran un mayor valor de microdureza, comparable con los sistemas de restauración híbridos. La resina a base de silorano a pesar de tener el menor porcentaje de relleno volumétrico en

comparación con resinas a base de metacrilato, posee una menor contracción volumétrica debido a su reacción foto-catiónica de apertura de anillo que conduce a una formación amplia de redes poliméricas, este beneficio en la física del grado de conversión posee aún efectos desconocidos sobre la dureza superficial del material.

VII. CONCLUSIONES

1. El promedio de microdureza superficial de la resina compuesta de metacrilato Z350XT fue de 86.40, con un valor mínimo de 85.20 y un valor máximo de 89.60.
2. El promedio de microdureza superficial de la resina compuesta de silorano P90 fue de 84.64, con un valor mínimo 82.40 y un valor máximo de 86.40.
3. La resina de metacrilato Z350XT presento valores de microdureza significativamente superiores a la resina de silorano P90, $p=0.0066$.

VIII. RECOMENDACIONES

4. Se recomienda al profesional seguir las indicaciones del fabricante para la correcta aplicación del material restaurador.
5. Se recomienda realizar estudios de otras propiedades de la resina compuesta a base de silorano.
6. Se recomienda tener en cuenta el tipo de sistema de polimerización a utilizar ya sea LED o Luz halógena.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Poggio C, Lombardini M, Gaviati S, Chiesa M. Evaluation of Vickers hardness and depth of cure of six composite resins photo-activated with different polymerization modes. *Rev. J Conserv Dent.* 2012; 15(3): 237–241.
2. Bechtold J, Dos Santos PJ, Anido-Anido A, Di Hipólito V, Alonso RC, D'Alpino PH. Hardness, polymerization depth, and internal adaptation of Class II silorane composite. *EurJ Dent.* 2012; 6(2):133-40.
3. Bosquioli V. Propriedades mecânicas e resistência da união de resinas compostas com matriz de silorano ou com nanopartículas. [Tesis Doctoral]. Piracicaba, SP: Programa de Pós-Graduação em Materiais Dentários;2011.
4. Kusgoz A, Uelker M, Yesilyurt C, Yoldas O, Ozil M. Depth of cure, surface hardness, degree of conversion, and cervical Microleakage in class II cavities. *ProQuest Central.* 2011; 23(5): 324-335.
5. Lien W, Vandewalle KS. Physical properties of a new silorane-based restorative System. *Dent Mat.* 2010; 26(4):337-44
6. Baldion EA, Vaca HD, Alvarez SC, Agaton MD. Estudio Comparativo de las Propiedades Mecánicas de diferentes tipos de resina compuesta. *Revista colombiana de investigación odontológica.* 2011; 1 (3):45-50.

7. Ferreira IA. Avaliação da microdureza a base de metacrilato e silorano fotopolimerizadas com fontes de luz halógena e LED, em diferentes profundidades. (Tesis Doctoral). Mato Grosso do Sul: Universidad federal de mato grosso do sul; 2010.
8. Sierra GL., Cuello MS., Arango SS., Ochoa AE. Evaluación de la microdureza de la resina Filtek TM Silorane para restauración de dientes posteriores. Revista Nacional de Odontología. 2011; 6(11).
9. Montenegro R, Arrais G, França K, Brasileiro C, Cavalcanti A, Carlo H et al. Efeito da Partícula de Carga e do Tempo de Armazenamento sobre a Microdureza de Superfície de Compósitos Restauradores Estéticos. Pesq Bras Odontoped ClinIntegr, João Pessoa. 2010; 10(3):345-350.
10. Anusavice KJ, Phillips. Ciencia de los materiales dentales. 11 ed. Madrid (España): Elsevier Imprint; 2004.
11. Craig- O'Brien-Powers. Materiales dentales. Propiedades y manipulación. 6ta ed. Argentina: Mosby/Doyma Libros S.A.; 1996.
12. Astorga C., Bader M., Baeza R., Ehrmantraut M, et al. Texto de biomateriales odontológicos. 1 ed. Chile: facultad de odontología Universidad de Chile. 1996.

13. Ada Council on Scientific Affairs. Direct and restorative materials; JADA. 2003;134: 463-472.
14. Deborah S. Katherine M. Marcos A. Gerald E. The physical properties of packable and conventional posterior resin-based composites: a comparison. JADA.2000; 131: 1610-1615.
15. Ehrmantraut M., Bader M. Unidad de Resina Compuestas. Área de Biomateriales Odontológicos. Chile; 2000.
16. Albers. H. Odontología estética .Selección y coloración de materiales.1ed.Barcelona: Labor Barcelona; 1988.
17. Tauquino AF. Evaluación in vitro de la microdureza superficial de una resina compuesta microhíbrida, una resina compuesta fluida y un cemento ionómero vítreo de restauración frente a la acción de una bebida carbonatada. Tesis para obtener el título de cirujano dentista, UNMSM, Lima-Perú 2006.
18. Acuña P.A. Cementación de inlays de resina compuesta, Cementación de RC o VI.(Tesis Doctoral). Santiago: Universidad de Chile; 1992.
19. Bayne, C. Perspective. Our future in restorative dental Materials. J Esthetic Dent; 2000. 12:175-183.
20. Barrancos MJ. Operatoria Dental Integración Clínica.4ta ed.. Buenos Aires: Editorial Panamericana; 2006.

- 21.Cova JN. Biomateriales Dentales. 2 ed. Venezuela: Amolca;2010.
- 22.Borsatto M., Milori S., Chinelatti M., Ramos R., Salvitti R., Djama J., Guenka r. Comparison of marginal Microleakage of flowable composite restaurations in primary molars prepared by high speed carbide bur, Er-YAGlaser, and air abrasion. Journal of dentistry for children.2006; 73(2):122-126.
- 23.Beñaldo Fuentes C. “Estudio comparativo in vitro de la microfiltración de restauraciones de resina compuesta realizadas con un sistema adhesivo con Nanorelleno”. Tesis optar el título de cirujano dentista. Santiago. Universidad de Chile.2005.
- 24.Chain M. Barattiere I. Restauraciones estéticas directas en dientes posteriores. Sao paulo: Artes Médicas; 2001.
- 25.Condon, P. Ferracane. J. The effecta of composite formulation on polymerization stress. Journal of the American dental association;2000.
- 26.Chávez J. Saravia, Rojas. Estudio comparativo in vitro de la microfiltración utilizando un sistema auto grabador imprimante con y sin grabado acido previo de la cavidad. Gac Odontol.2000; 2(4): 17-20.

27. Yazici A, Tuncer D., Onen A., Kilinc E. Effects of Delayed Finishing/Polishing on Surface roughness, Hardness and Gloss of Tooth-Coloured Restorative Materials. *European Journal of Dentistry*. 2010; 4: 50-56.
28. Pereira S, Osorio R, Toledano M, Nunes T. Evaluation of two Bis-GMA analogues as potential monomer diluents to improve the mechanical properties of light-cured composite resins. *Dent Mater*. 2005; 21(9):823-30.
29. Rodríguez GD, Pereira SN. Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. *Acta Odontológica Venezolana* [Internet]. 2008 Dic [citado Ener 2013]; 46(3):381-392. Disponible en:
http://www.actaodontologica.com/ediciones/2008/3/evolucion_tendencias_resinas_compuestas.asp
30. Moncada G. Unidades de luz visible. *Revista dental de Chile* 1989; 37– 43.
31. Henostroza HG. Adhesión en Odontología Restauradora. 2^a. ed. Lima: Ripano; 2010.
32. Uribe E J. *Operatoria Dental. Ciencia y práctica*. 1990; 213 – 215

- 33.Tobar SE. "Análisis comparativo in vitro de propiedades mecánicas de compómero correspondiente a cuatro marcas comerciales".(Tesis Doctoral) Chile: Facultad de Odontología, Universidad de Chile;2000.
- 34.Ferracane JL. Nuevos Polímeros para Restauraciones Dentales. Management Alternatives for the Carious Lesion. Proceedings from the International Symposium. Charleston. EE UU. Operative Dentistry 2001;6 (4): 199 -209.
- 35.Suzuki S. Does the wear resistance of packable composite equal that of dental amalgam. J Esthet Restor Dent 2004;16:355-65.
- 36.De Souza FB, Guimaraes RP, Silva CH. A clinical evaluation of packable and microhybrid resin composite restorations: one-year report. Quintessence Int. 2005;36: 41.
- 37.Deborah S. Katherine M. Marcos A. Gerald E. The physical properties of packable and conventional posterior resin-based composites: a comparison. JADA.2000; 131:1610-1615
- 38.Hoffman. S. Histopatología das lesões de carie in caries Dentarias Brasil: base biológicas Guanabara, Rio de Janeiro.1984; pág. 200-218.
- 39.Eick E, Chapelli, Chappelow. Properties of expanding copolymers for dental composites. Dental materials; 2003.

40. Elderton, R.J. Assessment and clinical Management of Early Caries in Young Adults Invasive versus Non Invasive Methods Dent. Inglaterra: Journal of Dental Research. 1985; 64:1584-44.
41. Fejerskov, Ole, & Thstrup, A. Concept of Dental Caries and their Consequences for Understanding the Disease Community Dent oral Epidemiology. 1997; 25:5-12.
42. Ehrmantraut M, Bader M, Polimerización de resinas Compuestas a través de estructuras dentarias. Chile. Revista de la Facultad de Odontología. Universidad de Chile. 1994;12(2): 22-27.
43. Fleet, C. Análisis comparativo in vitro de la microfiltración marginal de una Resina Compuesta Microhíbrida convencional y tres de Nanorelleno. Chile. Trabajo de investigación para optar al título de Cirujano Dentista, Universidad de Chile. 2004
44. Krenkel T. Bowles B. Determination of polymerization shrinkage stress in low shrinkage epoxy resins Journal of dental research. 1999.

45. Lois F. Paz C. Pazos R. Rodríguez A. Estudio in vitro de microfiltración en obturaciones de clase II de resina compuesta condensable. *Odontoestomatol.* 2004; 20(2): 85-94.
46. Leinfelder K. New developments in resin restorative systems, *JADA.* 1997; 128: 573-581
47. Lopez G. et al. Dental adhesion: Present state of the art and future Perspectives. *Quintessence Int.* 2002; 33. 213-224.
48. Nicoluzzi A, Ribeiro MM, Candido dos RA, Rabelo R J, Candido DS. Influencia del envejecimiento artificial acelerado sobre la resistencia a la compresión de resinas compuestas. *Acta odontol. venez* [Internet]. 2008 [citado Nov 2013]; 46(4): 465-468. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652008000400011&lng=es
49. Davis HE, Troxell GE y Wiskocil CW. Ensayo e Inspección de los Materiales en Ingeniería. McGRAW-HILL; 1964.
50. Santos E, Yenque D., J. Rojas O., Rosales U., V. Acerca del ensayo de dureza. *Notas Científicas. INDUSTRIAL DATA.* 2001; 2(4): 73-80.

51. Featherstone JD, Zero DT. An in situ model for simultaneous assessment of inhibition of demineralization and enhancement of remineralization. J Dent Res. 1992. 71:804-10.
52. Chinelatti MA, Chimello TD, Ramos PR. Avaliação da dureza superficial de resinas compostas antes e após o polimento em diferentes tempos. RevApplied oral Science. 2006; 14(3):188-92.
53. Callister WA. Materials Science and engineering Mechanical properties of metals. 3ra ed. New York: John Wiley and Sons; 1994.
54. Macchi RL. Materiales dentales. Fundamentos para su estudio. 2° ed. Buenos Aires: Editorial Panamericana S.A; 1993.
55. Low S.R. Rockwell Hardness Measurement of Metallic Materials. National Institute of Standards and Technology. U.S.2001
56. Perfil técnico del producto Filtek Z250 XT®. Restaurador Universal. 3M Laboratorio de Productos Dentales, USA, 2010
57. Perfil técnico del producto Filtek P90®. Restaurador Universal. 3M Laboratorio de Productos Dentales, USA, 2007
58. Real Academia española. 22ª ed. Madrid; 2013. Resistencia-Probeta.

59. Torrejon P. Análisis de la brecha marginal generada en restauraciones de resina compuesta con dos patrones de fotopolimerización distintos. Tesis para obtener el título de cirujano dentista, Universidad de Chile, Santiago 2003: 19-21
60. Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: the monomer systems. Eur. J. Oral Sci. 1997; 105:97-116.

X. ANEXOS

ANEXO N°1: Ficha de recolección de datos

Material	Número de muestra	Microdureza superficial				
Resina Compuesta de metacrilato Z350XT	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
Resina Compuesta de silorano P90	11					
	12					
	13					
	14					
	15					
	16					
	17					
	18					
	19					
	20					

ANEXO N°2 Control de Temperatura Ambiente durante Elaboración de Probetas

GRUPO	N° PROBETA	TEMPERATURA
Resina Compuesta de metacrilato Z350XT	1	23
	2	24
	3	24
	4	25
	5	24
	6	24
	7	23
	8	24
Resina Compuesta de silorano P90	1	24
	2	24
	3	23
	4	25
	5	24
	6	24
	7	24
	8	24

ANEXO N°3

Cuadro de humedad Relativa Durante Elaboración de probetas

na General de Estadística e Informática



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION 006617 / CAMPO DE MARTE/DRE-(LONG : 77° 02'34 " W DPTO. : LIMA
PARAMETRO : HUMEDAD RELATIVA LAT : 12° 04'17 " S PROV. : LIMA
MEDIA DIARIA (%) ALT : 1230 msnm DIST. : JESUS MARIA

AÑO 2013

DIA	SET
1	88.0
2	88.0
3	92.0
4	86.0
5	89.0
6	93.0
7	86.0
8	81.0
9	88.0
10	87.0
11	89.0
12	83.0
13	88.0
14	88.0
15	86.0
16	92.0
17	91.0
18	90.0
19	91.0
20	88.0
21	91.0
22	93.0
23	89.0
24	91.0
25	91.0
26	90.0
27	90.0
28	89.0
29	90.0
30	91.0

Ing. Oswaldo Nique Asmat
Director de la Oficina de Servicio al Cliente
SENAMHI

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN
TOTAL O PARCIAL

INFORMACION PREPARADA PARA YENI SALAS CASTRO
S/D = Sin Dato LIMA, 16 DE OCTUBRE DE 2013

N° SOLIC/PRES: 201310000061/201310000031

6312

ANEXO N°4

Guías de Procedimiento - Materiales

3MESPE

Sof-Lex™

Sistemas de Terminado y Pulido del Producto

Instrucciones de Uso

Discos y Tiras de Terminado y Pulido Sof-Lex

Indicaciones

Terminado y pulido de resinas, cerámicas, y restauraciones de ionómeros de vidrio.

Precauciones para el Personal Dental y Pacientes

- Utilice protección para los ojos al ser usado.
- El uso del disco así como del mandril a velocidades mayores que 30,000 r.p.m. pueden ocasionar que el disco y el mandril se separen, lo cual puede causar una lesión.
- Siempre utilice los discos Sof-Lex con una pieza de mano de convencional de baja velocidad.
- Esterilice los mandriles utilizando ya sea una autoclave convencional de vapor o líquido de esterilización.
- Los discos son de un solo uso. Deséchelos después de utilizarlos.

Direcciones de Uso

- Coloque el disco sobre el mandril presionando con firmeza la porción del ojo sobre el mandril hasta asegurar el disco y éste no se tambalee. El movimiento durante el pulido deberá ser constante desde el bloque de la restauración hasta sobrepasar los márgenes. No se recomienda el movimiento de vaivén sobre los márgenes del esmalte/resina, ya que se puede formar una línea blanca.
- Utilice una presión ligera al pulir; permita que el disco realice el trabajo.
- Para producir un terminado más suave y más uniforme, mantenga el diente, restauración y disco secos al pulir.
- Evite tocar la resina con el mandril o mediante el ojo del disco ya que pudiera ocurrir decoloración. Esta decoloración puede ser removida mediante la repetición de los pasos de terminación.
- Esquivar un tamaño de grano de los discos en la secuencia de terminado puede comprometer la calidad del pulido de la restauración.

- Remueva los discos del mandril ya sea colocando la uña del pulgar por debajo de la porción del ojo del disco y empujando el disco fuera de la pieza de mano, o empuñando el disco y el ojo separando el disco arriba y afuera de la pieza de mano.

- Es importante mantener un campo seco al utilizar este sistema. Después de enjuagar, y antes de proceder con el siguiente grano en secuencia, seque el área.

El siguiente procedimiento produce un pulido de calidad sin importar el sistema de discos

Sof-Lex que se utilizó.

1. Remueva el exceso de resina y contornee la forma deseada utilizando un diamante fino o una fresa de carburo de 12 hojas.
2. Para la reducción en bruto, utilice el disco Sof-Lex de grano grueso a una velocidad mediana (10,000 r.p.m.) Enjuague y seque.
3. Para el contorneo final, utilice el disco Sof-Lex de grano mediano a una velocidad mediana (10,000 r.p.m.) por 15 a 20 segundos. Enjuague y seque.
4. Para terminar, utilice el disco Sof-Lex de grano fino a alta velocidad (30,000 r.p.m.) por 15 a 20 segundos. Enjuague y seque.
5. Pula utilizando el grano Sof-Lex superfino a alta velocidad (30,000 r.p.m.) por 15 a 20 segundos.
6. Lave el polvo y los remanentes de la superficie de la restauración.
7. Deseche el disco después de cada uso.
8. Para las áreas interproximales inserte el centro libre de abrasivo de una tira determinado Sof-Lex de grano grueso/mediano (beige/blanca) entre los puntos de contacto.
9. Coloque la porción beige de la tira sobre la superficie de la resina que será terminada, sujete con firmeza los extremos de la tira y talle con el abrasivo sobre la resina vigorosamente con un movimiento de atrás hacia delante. Repita el procedimiento utilizando la porción blanca de la tira. Deseche la tira después de cada uso.
10. Repita los pasos 8 y 9 con la tira Sof-Lex fina y superfina (gris/azul)

3MESPE
FILTEK P90
Sistema Restaurador

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

El Restaurador para dientes posteriores 3M ESPE Filtek P90 es una resina a base de silorano, radiopaca, fotopolimerizable para la zona de los dientes posteriores. Contiene una matriz de resina hidrofóbica y se caracteriza por una baja contracción de polimerización así como una baja absorción de agua. El material de relleno del restaurador para dientes posteriores Filtek P90 de baja contracción está disponible en los tonos A2, A3 y C2 y puede adquirirse en jeringas para aplicaciones múltiples y en capsulas para dosis únicas. La cantidad de relleno inorgánico es de (76% del peso), con un tamaño de partícula entre 0,1 y 2µm.

El adhesivo del sistema 3M ESPE P90 se compone de un primer autograbadador y un adhesivo en frascos dosificadores. Gracias a su especial viscosidad estructural, el sistema adhesivo P90 fluye de manera ideal sobre las paredes de las cavidades durante la aplicación permitiéndole distribuirse uniformemente en toda la cavidad mediante el uso del aplicador. El adhesivo deja de fluir tan pronto como pierde contacto con el aplicador o cuando se detiene la aplicación, lo cual evita el flujo descontrolado la acumulación y la formación de capas de grosor irregular.

El material de relleno y el sistema adhesivo se polimerizan mediante el uso de dispositivos de fotocurado como lámparas halógenas y diodos emisores de luz LED. Ver tiempos de exposición.

Filtek P90 y el sistema adhesivo P90 deben de usarse exclusivos combinados entre sí como sistema. El sistema adhesivo P90 no debe usarse como primer o adhesivo de otros materiales restaurativos. Filtek P90 no puede combinarse con otros sistemas de adhesión.

INDICACIONES

- Restauración Posterior directa de cavidades clase I y II..

INSTRUCCIONES DE USO

1. Aplicación del sistema adhesivo P90- Primer de autograbado

- 1.1 Agite brevemente el frasco antes de la dosificación para reducir la viscosidad del primer permitiendo que fluya hacia la punta dosificadora.
- 1.2 Coloque 1 (una) gota del primer en la fosa 1 de la celda de dosificación, luego cierre bien dicha celda para proteger el primer de la luz y evitar la evaporación del solvente- cierre el frasco inmediatamente después de usarlo; tenga cuidado de no intercambiar las tapas de primer y adhesivo.
- 1.3 Use el aplicador negro desechable suministrado para aplicar el primer en toda la cavidad y masajee la superficie durante 15 segundos.
- 1.4 Use una corriente de aire suave hasta que el primer se haya extendido formando una película uniforme y no se desplace más. Rellene todas las fisuras del borde.
- 1.5 Cure el primer durante 10 segundos mediante un dispositivo de fotocurado con luz halógena o LED.

2. Aplicación del sistema adhesivo P90 – Adhesivo

- 2.1 Agite brevemente el envase antes de realizar la aplicación para reducir la viscosidad del adhesivo de forma que este menos viscoso y permita que fluya hacia la punta de dosificación.
- 2.2 Coloque 1 (una) gota del adhesivo en la fosa 2 de la celda de dosificación, luego cierre bien dicha celda para proteger el primer de la luz. No mezcle el primer con el adhesivo. Cierre el frasco inmediatamente después de usarlo; tenga cuidado de no intercambiar las tapas de primer y adhesivo.
- 2.3 Use el aplicador verde desechable suministrado para aplicar el adhesivo a toda la zona cavitaria- durante el tratamiento proteja la solución de la luz intensa.

- 2.4 Use una corriente de aire suave hasta que el adhesivo se haya extendido formando una película uniforme y no se desplace más. Rellene todas las fisuras del borde.
- 2.5 Cure el primer durante 10 segundos mediante un dispositivo de fotocurado con luz halógena o LED.
- 2.6 Rellene inmediatamente la cavidad con Filtek P90.

3. Administración del material de relleno con la jeringa

- 3.1 retire la tapa de la jeringa.
- 3.2 Gire lentamente el embolo de la jeringa en el sentido de la agujas del reloj y aplique una cantidad suficiente de material de obturación en un bloque de mezcla.
- 3.3 Gire el embolo media vuelta hacia la izquierda, de modo que no salga más pasta y vuelva a tapar inmediatamente la jeringa.

4. Administración del material de con capsulas.

- 4.1 cada capsula puede ser utilizada en un solo paciente.
- 4.2 Inserte la capsula en un dosificador (adquirido por un proveedor comercial) compruebe que la capsula está colocada firmemente en el dosificador antes de la aplicación.
- 4.3 Retire la tapa y aplique el material de relleno Filtek p90 directamente en el interior de la cavidad.

5. Aplicación del material de obturación.

- 5.1 Use el instrumento de metal o plástico adecuado para moldear el material de obturación de modo que se adapte perfectamente a la forma de la cavidad. El grosor de los incrementos individuales no deben superar los 2.5mm.

5.2 Cure cada capa incremental individualmente con luz halógena o con un LED utilizando únicamente el modo estándar del dispositivo de luz a una intensidad de luz constante. El tiempo de exposición depende del modelo de dispositivo y se muestra en la sección “Tiempos de exposición/dispositivos” – Mantenga la punta de la guía de luz tan cerca como sea posible del material que se está polimerizando.

6. Tiempos de exposición/dispositivos.

6.1 Use la luz a intensidad completa y constante para polimerizar el material Filtek P90 durante todo el tiempo de exposición.

6.2 Filtek P90 requiere de un tiempo de exposición de 20 segundos como mínimo, que no puede acortarse mediante el uso de intensidades de luz más altas. Para evitar el sobrecalentamiento del diente durante el periodo de exposición mínimo de 20 segundos, no use intensidades de luz muy altas como las producidas por los dispositivos con lámparas de plasma o laser.

6.3

6.4 Tipos de dispositivo que pueden emplearse

<u>Dispositivo de luz halógena</u>	<u>Tiempo</u>	<u>de</u>
<u>exposición</u>		
Espectro de longitud de onda: 400 – 500 nm		
Salida: 500 – 1400 mw/cm ²	40s,	modo
estándar		
<u>Dispositivo de diodos emisores de luz</u>		
Espectro de longitud de onda: 430 – 480 nm		
Salida: 500 – 1000 mw/cm ²	40s,	modo
estándar		
Salida: 1000 – 1500 mw/cm ²	20s,	modo
estándar		

7. Recorte

7.1 después del curado, realice el recorte y pulido de la restauración con los abrasivos de diamante adecuados, discos de pulido (con reducción progresiva del tamaño del esmerilado) , diamantes de grano ultrafino y pulidores de silicona.

7.2 Asegúrese de proporcionar una adecuada cantidad de agua para enfriamiento y una adecuada succión para eliminar el polvo pulido.

8. Reparación.

9. Filtek P90 como relleno base.

10. Notas.

3MESPE

FILTEK Z350XT

Sistema Restaurador Universal

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

La Resina Universal Filtek Z350 XT de 3M ESPE es una resina activada por luz visible diseñada en restauraciones anteriores y posteriores. Un adhesivo dental, tal como aquellos fabricados por 3M ESPE, es usado para unir de manera permanente la restauración con la estructura dental. La resina está disponible en un amplio rango de colores para dentina, esmalte, cuerpo y translucidos. Viene en presentación de jeringas y en capsulas monodosis.

INDICACIONES DE USO

La resina Filtek Z350 XT 3M ESPE está indicada para los siguientes usos:

- Restauraciones directas anteriores y posteriores (incluyendo las superficies oclusales).
- Fabricación de núcleos.
- Reconstrucción de muñones.
- Ferulización.
- Restauraciones indirectas (incluyendo inlays, onlays y carillas).

COMPOSICIÓN

Este sistema de resinas fue levemente modificado frente a la resina universal original Filtek Z250 y de la resina universal Filtek Supreme. La resina contiene Bis-GMA, UDMA, TEGDMA y Bis-EMA. Para controlar la contracción una porción de TEGDMA fue reemplazada por una porción de PEGDMA en el material restaurador Filtek Supreme XT.

Los rellenos son una combinación de relleno de sílice no aglomerado/no agregado de 20nm, de relleno de zirconio no aglomerado/no agregado de 4 a 11nm, y un relleno clúster agregado de zirconio/sílice (partículas de sílice de 20nm y de zirconio de 4 a 11nm).

Los colores para dentina, esmalte y cuerpo (DEB) tienen un tamaño promedio de las partículas del clúster de 0,6 a 10 micrones. Los colores translucidos (T) tienen un tamaño promedio de las partículas del clúster de 0,6 a 20 micrones. La carga de relleno inorgánico es aproximadamente de 72,5% por peso (55,6% por volumen) para los colores translucidos y 78,5% por peso (63,3% por volumen) para el resto de colores.

INSTRUCCIONES DE USO

5.- Dispensado de la resina: Siga las instrucciones correspondientes al dispensado elegido.

5.1 Jeringa: Dispense la cantidad necesaria de material restaurador desde la jeringa hasta el bloque de mezcla girando suavemente el émbolo en el sentido de las manecillas del reloj. Para evitar que el restaurador fluya cuando se ha completado el dispensado, gire media vuelta del embolo en sentido contrario de las manecillas del reloj para detener el flujo de la pasta. Coloque inmediatamente el tapón de la jeringa. Si no se va a usar inmediatamente el material dispensado éste debe protegerse inmediatamente de la luz ambiental.

5.2 capsulas desechables: inserte la capsula en el administrador de materiales restauradores de 3M ESPE. Consulte las instrucciones del dispensador para una aplicación correcta, así como las precauciones de uso. Extruya el material directamente en la cavidad.

6. Colocación:

6.1 coloque y fotopolimerice el material restaurador en incrementos tal como se indica en la sección 7.

6.2 sobreobture ligeramente la cavidad permitiendo que el compuesto selle los márgenes de la cavidad. Contornee y dé forma con los instrumentos diseñados para compuesto.

6.3 Evite el contacto con la luz intensa en el campo de trabajo.

6.4 Recomendaciones de colocación en posteriores:

6.4.1 para ayudar en la adaptación, la primera capa puede colocarse y adaptarse en la caja proximal.

6.4.2 puede colocarse un instrumento de condensación (o dispositivo similar) para adaptar el material a todos los aspectos internos de la cavidad

7. Polimerización: Filtek Z350 XT restaurador universal nanohíbrido fue diseñado para ser polimerizado por una lámpara halógena o LED con una intensidad mínima de 400 mW/cm^2 en un rango de 400-500 nm. Polimerice cada incremento

exponiendo toda su superficie a una fuente de luz visible de alta intensidad, como una lámpara de fotopolimerizado 3M ESPE. Mantenga la punta de la guía de luz tan cerca de la restauración como sea posible durante el proceso e fotocurado. En la tabla siguiente se muestran los tiempos recomendados de exposición y los espesores máximos de los incrementos de cada color.

Luces con intensidad mínima de 400 mW/cm²		
Colores	Profundidad incremental	Polimerización Tiempo
Cuerpo, esmalte, translúcido	2,0 mm	20 seg.
Dentina, A6B y B5B	1,5 mm	40 seg.

8. Modelado: De forma a las superficies de la restauración con diamantes finos de acabado, fresado o piedras. Contornee las superficies proximales con las tiras de acabado 3MTM ESPETM Sof-LEXTM.

9. Ajuste de la oclusión: Verifique la oclusión con papel de articular delgado. Examine los contactos en excursión céntrica y lateral. Ajuste cuidadosamente la oclusión retirando material con un fino diamante o piedra de pulido.

10. Acabado y Pulido: Pula con el sistema de pulido y acabado Sof-lexTM Finishing and Polishing System y con piedras blancas y puntas de caucho en los lugares en que los discos no tengan acceso.

ANEXO N°5

Cuadro Comparativo de las Resinas Utilizadas (*)

MATERIAL	COMPOSICION DE LA MATRIZ ORGÁNICA	CANTIDAD DE CARGA EN VOLUMEN (%)	CANTIDAD DE CARGA EN PESO (%)	TAMAÑO Y TIPO DE PARTICULAS DE CARGA	LOTE	FABRICANTE
P90	Silorano	55	76	Cuarzo 0.04 a 1.7µm	N° 471286	3M ESPE, St. Paul, MN, USA
Z350XT	BisGMA, UDMA, TEGDMA, BisEMA y PEGDMA	53.3	78.5	SILICE 20nm ZIRCONIA 4 a 11nm SILICE/ZIRCONIA con cargas de Tamaño entre 5-20 nm. Partícula aglomerada varía entre 0.6 a 2ª micras	N° 422791	3M ESPE, St. Paul, MN, USA

ANEXO N° 6

Carta de Ejecución Pontificia Universidad Católica del Perú – Laboratorio de Materiales

LABORATORIO DE MATERIALES
Departamento de Ingeniería
Sección Ingeniería Mecánica



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

CON SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

Lima, 16 de octubre de 2013

Señorita

YENI MERCEDES SALAS CASTRO

Presente

De mi mayor consideración:

Por medio de la presente y vuestra solicitud declaramos que se realizaron ensayos para la tesis "Estudio In Vitro de la Dureza Superficial en Resinas Compuestas de Metacrilato Z350XT y Silorano P90" en nuestro laboratorio de materiales de la Sección de Ingeniería Mecánica como parte de las pruebas realizadas para optar el Título Profesional de Cirujano dentista.

Agradeciendo su Atención, me despido de Ud.

Atentamente

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Instituto de Ingeniería Mecánica

Ing. RAUL TAPIA FLORES D.E.C. 128798
Jefe del Laboratorio de Materiales



Av. Universitaria 1801 - San Miguel
Lima - Perú

Apartado Postal:
N° 1761 Lima 100 - Perú

Teléfono
(511) 436 - 2000

Telefax
(511) 436 - 2885

ANEXO N° 7: Cuadros de dureza Superficial

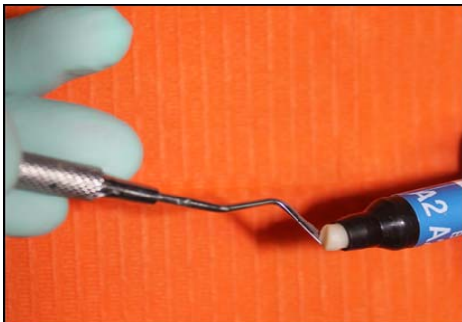
RESINA DE METACRILATO Z350XT						
MUESTRA	INDENTACION 1 DUREZA	INDENTACION 2 DUREZA	INDENTACION 3 DUREZA	INDENTACION 4 DUREZA	INDENTACION 5 DUREZA	DUREZA PROMEDIO HV
1	89	87	85	85	85	86,2
2	88	87	86	88	83	86,4
3	90	92	92	87	87	89,6
4	85	85	90	88	86	86,8
5	88	84	86	85	86	85,8
6	88	86	86	84	85	85,8
7	88	87	81	86	87	85,8
8	87	83	88	85	83	85,2
9	87	82	86	84	87	85,2
10	89	84	87	89	87	87,2
RESINA DE SILORANO P90						
MUESTRA	INDENTACION 1 DUREZA	INDENTACION 2 DUREZA	INDENTACION 3 DUREZA	INDENTACION 4 DUREZA	INDENTACION 5 DUREZA	DUREZA PROMEDIO HV
1	84	86	88	86	87	86,2
2	87	80	79	86	84	83,2
3	75	92	86	81	87	84,2
4	81	83	90	87	85	85,2
5	82	84	89	81	84	84
6	81	87	82	79	83	82,4
7	89	88	88	83	84	86,4
8	88	84	86	85	81	84,8
9	84	84	83	84	87	84,4
10	86	82	84	89	87	85,6

ANEXO N° 8: Compendio de materiales y fotos

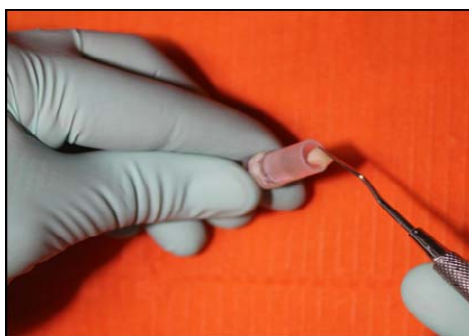


- 1.- Molde Plástico – Espátula Resina
- 2.- Lámpara LED
- 3.- Lamina Portaobjeto y tira celuloide
- 4.- Resina Nanohibrida y Resina de Nanorelleno
- 5.- Calibrador Vernier Digital
- 6.- Micromotor y Discos de Pulido
- 7.- Taper de almacenaje

ANEXO Nº 9 Fotos del procedimiento para la elaboración de probetas



Paso 1: Retiro del primer incremento de Resina

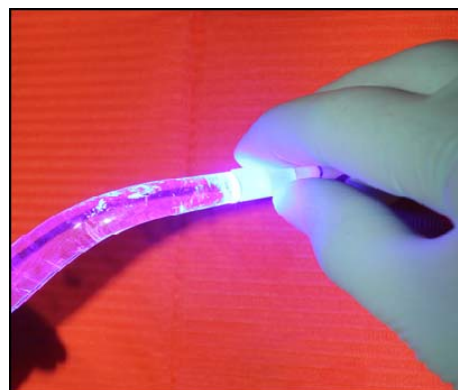


Paso 2: Cargo del primer incremento en el molde

Paso 3: Primer incremento colocado presionando el embolo para eliminar burbujas

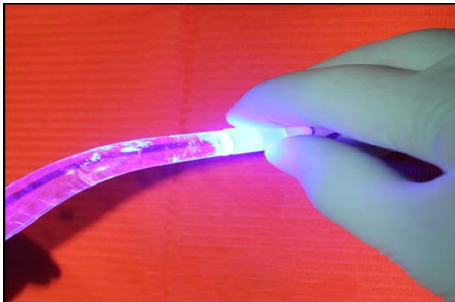


Paso 4: Fotopolimerización





Paso 5: Presión del último incremento con la lámina portaobjeto y la cinta celuloide para eliminar excesos



Paso 6: Fotopolimerización de la última capa de resina

Paso 7: Verificación de medidas de la probeta



Paso 8: Retiro de la probeta del molde





Paso 9: Pulido de muestras de grano grueso a grano fino



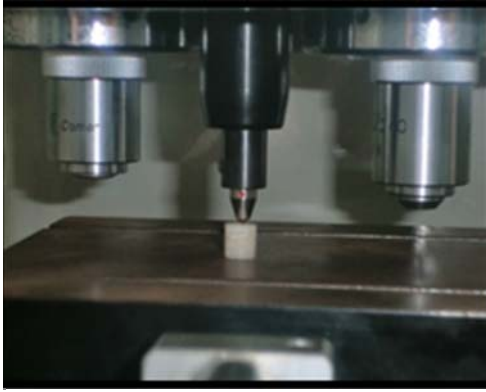
Paso 10: Almacenaje de las muestras a 37°C en la estufa

Paso 11: Almacenaje de las muestras a 37°C en la estufa



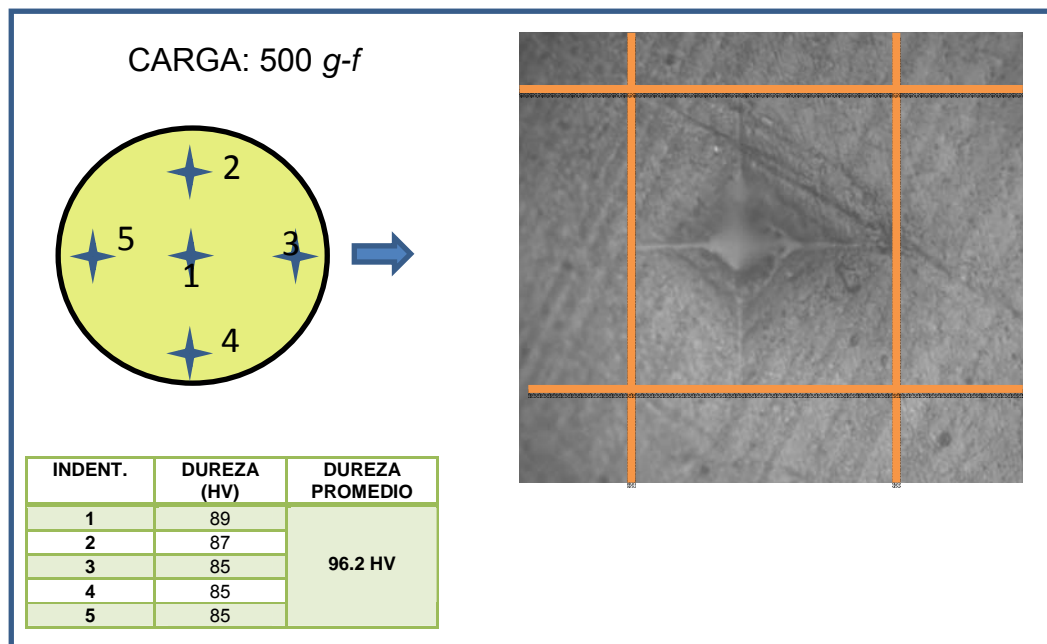
Paso 12: Ensayo Vickers de la probeta



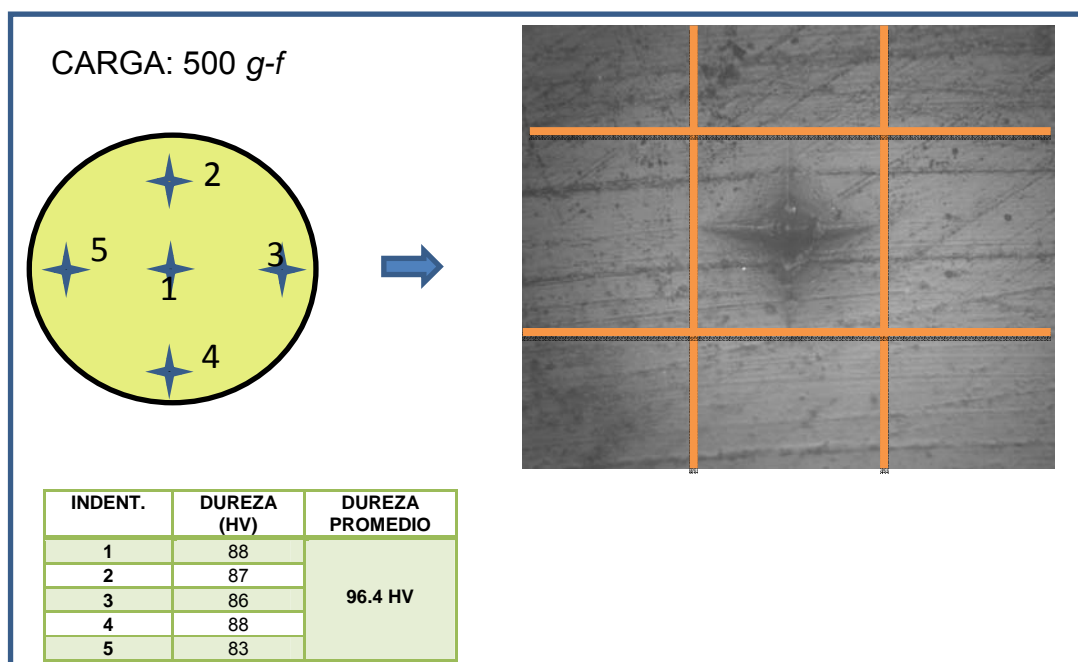


Paso 13: Indentación de la probeta

**ANEXO 10: FOTOGRAFÍA DE LA MICROINDENTACIÓN - RESINA DE
METACRILATO Z350XT- MUESTRA 1**

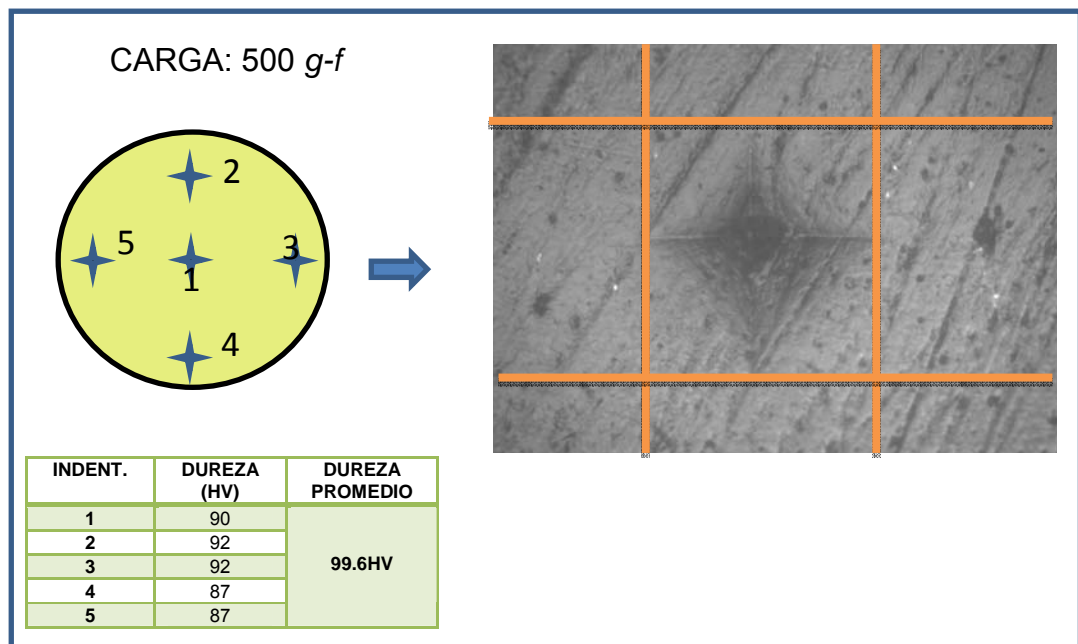


**FOTOGRAFÍA DE LA MICROINDENTACIÓN - RESINA DE METACRILATO
Z350XT- MUESTRA 2**



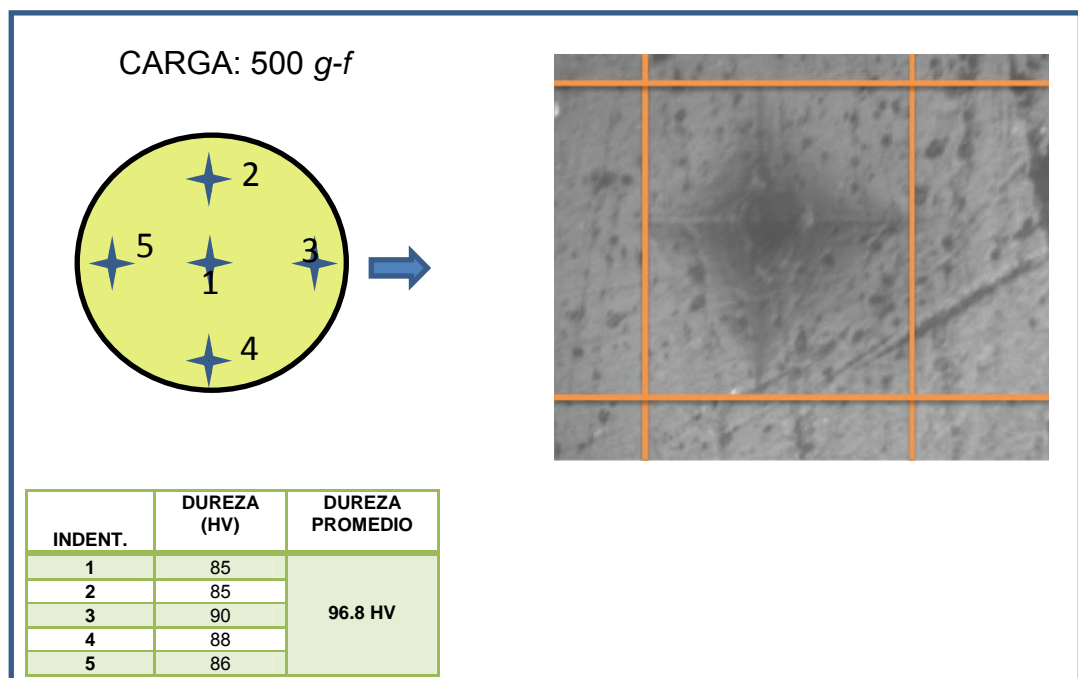
FOTOGRAFÍA DE LA MICROINDENTACIÓN - RESINA DE METACRILATO

Z350XT- MUESTRA 3



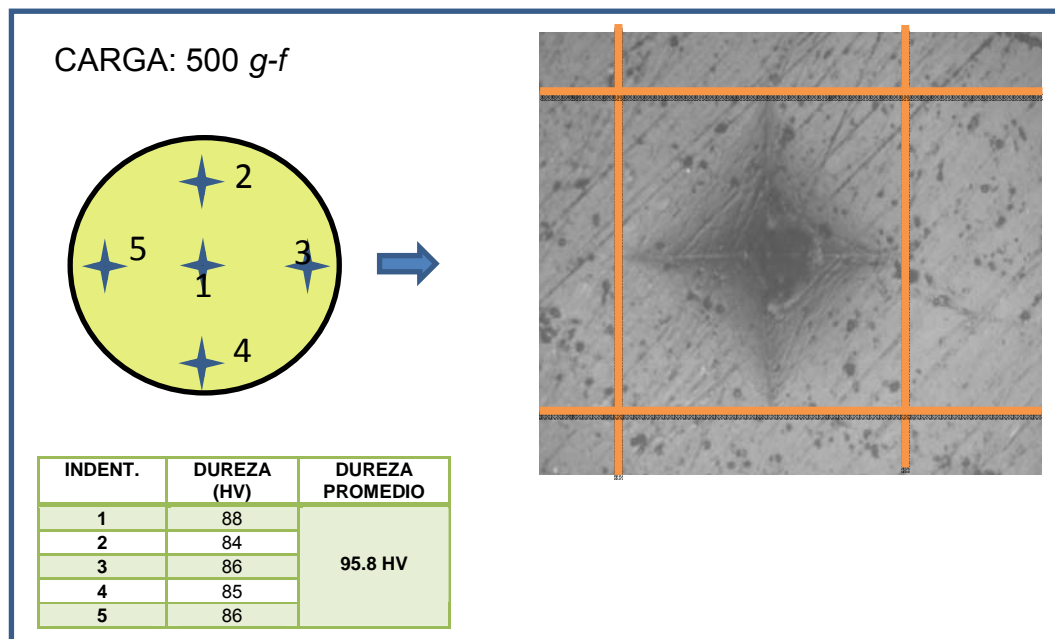
FOTOGRAFÍA DE LA MICROINDENTACIÓN - RESINA DE METACRILATO

Z350XT- MUESTRA 4



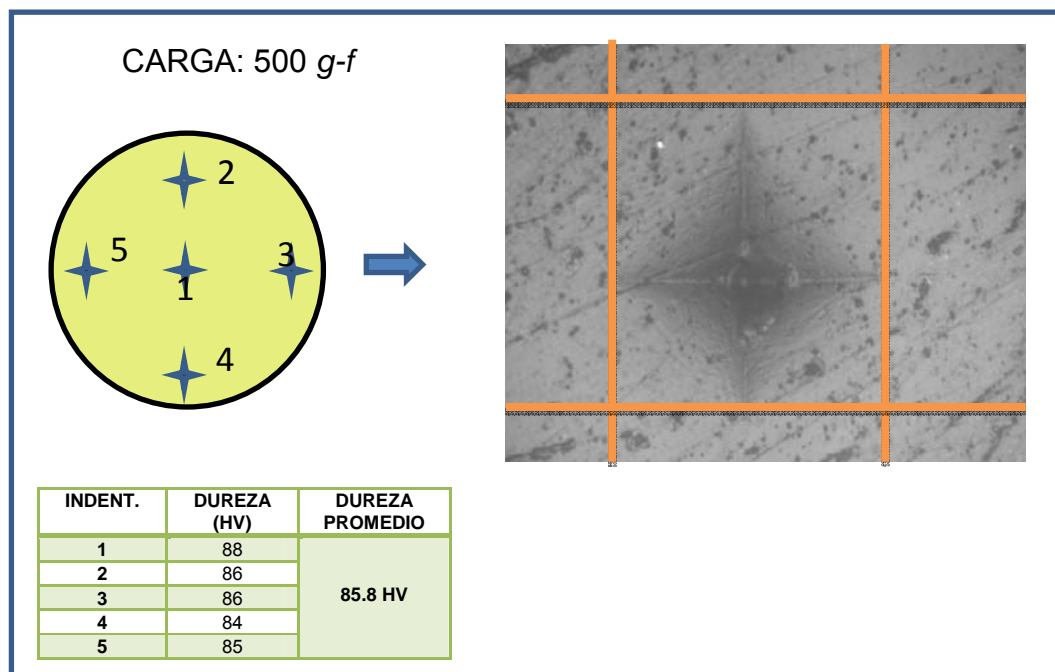
FOTOGRAFÍA DE LA MICROINDENTACIÓN - RESINA DE METACRILATO

Z350XT- MUESTRA 5



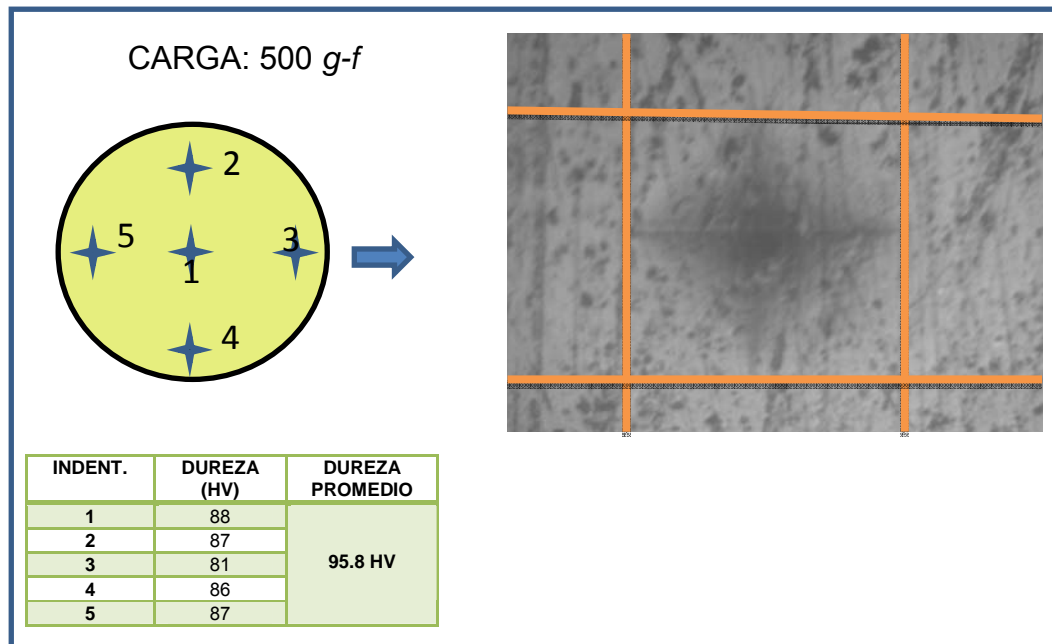
FOTOGRAFÍA DE LA MICROINDENTACIÓN - RESINA DE METACRILATO

Z350XT- MUESTRA 6



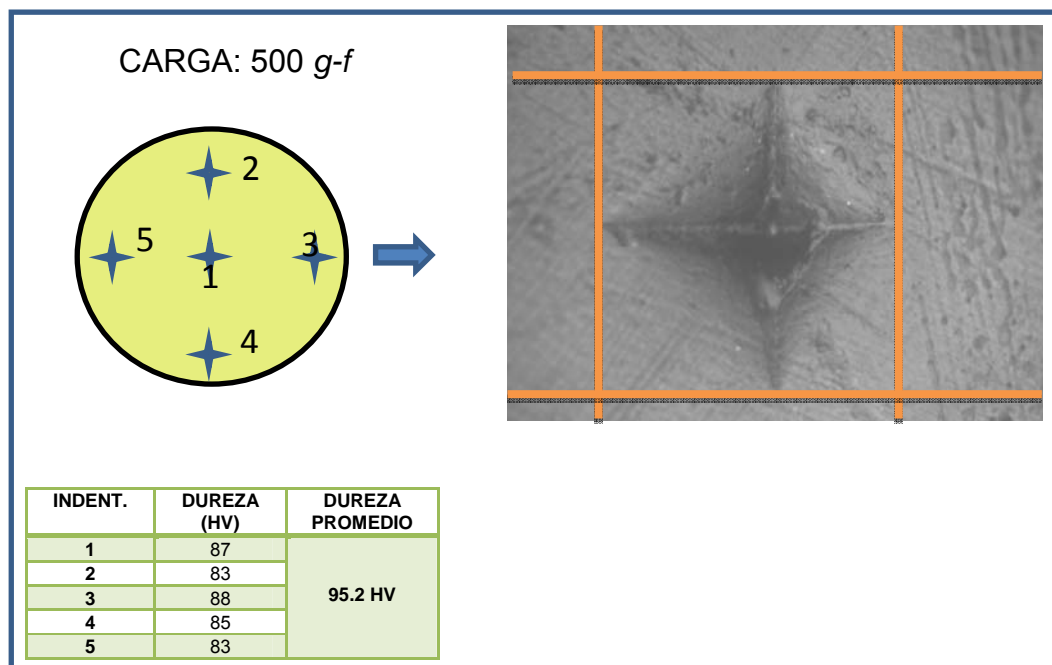
FOTOGRAFÍA DE LA MICROINDENTACIÓN - RESINA DE METACRILATO

Z350XT- MUESTRA 7



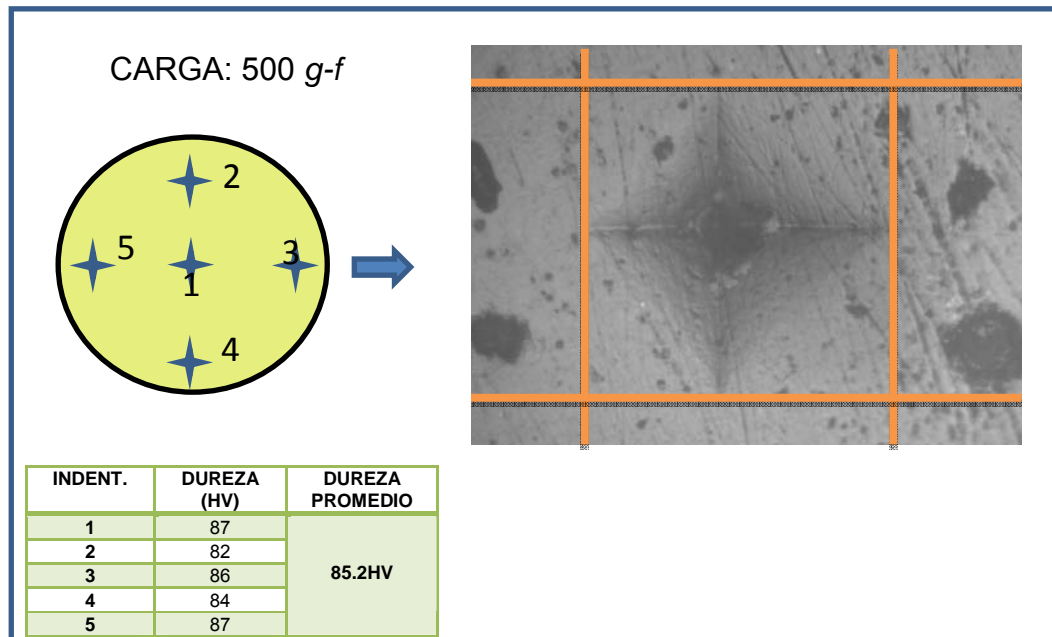
FOTOGRAFÍA DE LA MICROINDENTACIÓN - RESINA DE METACRILATO

Z350XT- MUESTRA 8



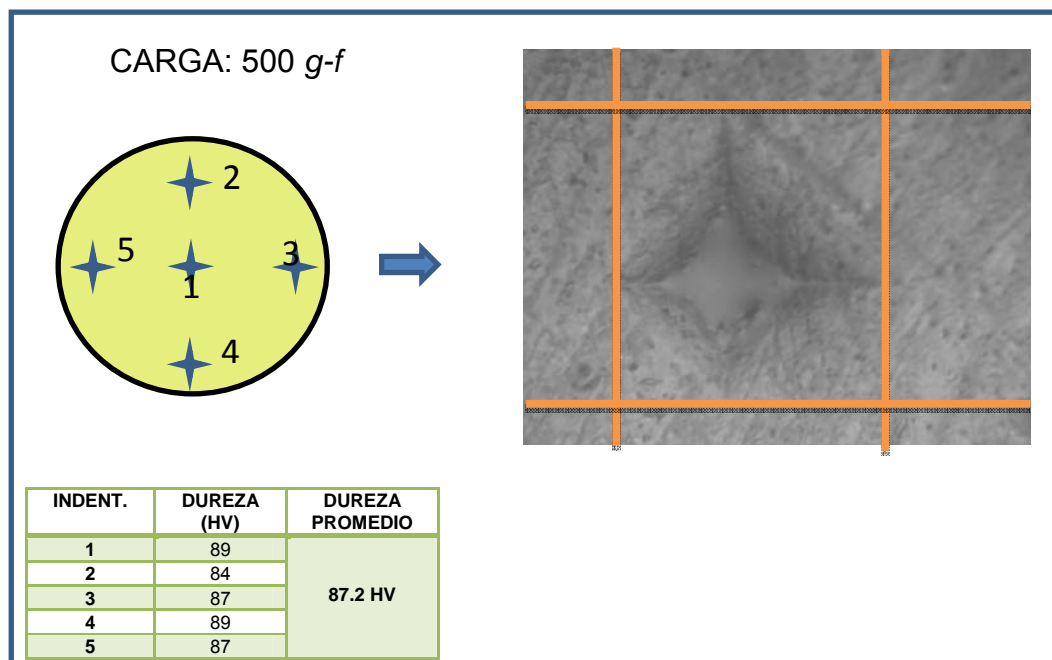
FOTOGRAFÍA DE LA MICROINDENTACIÓN - RESINA DE METACRILATO

Z350XT- MUESTRA 9

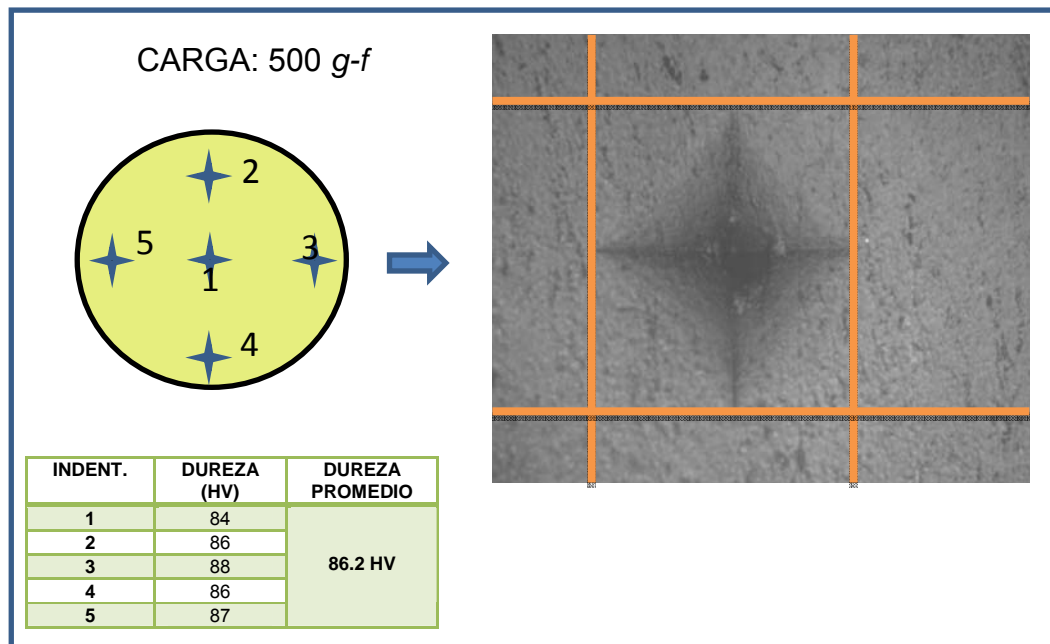


FOTOGRAFÍA DE LA MICROINDENTACIÓN - RESINA DE METACRILATO

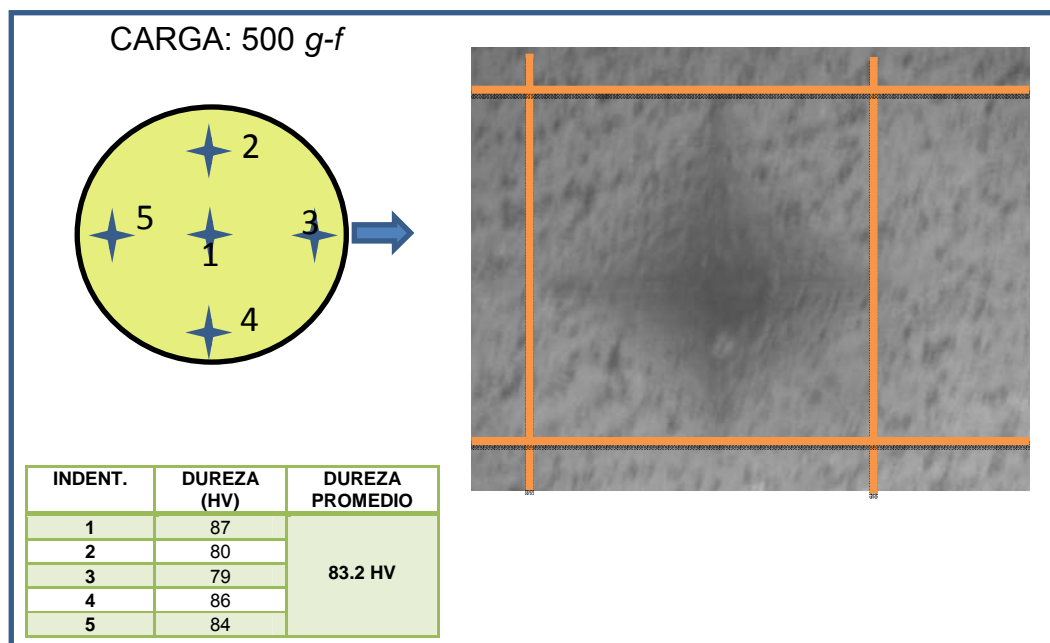
Z350XT- MUESTRA 10



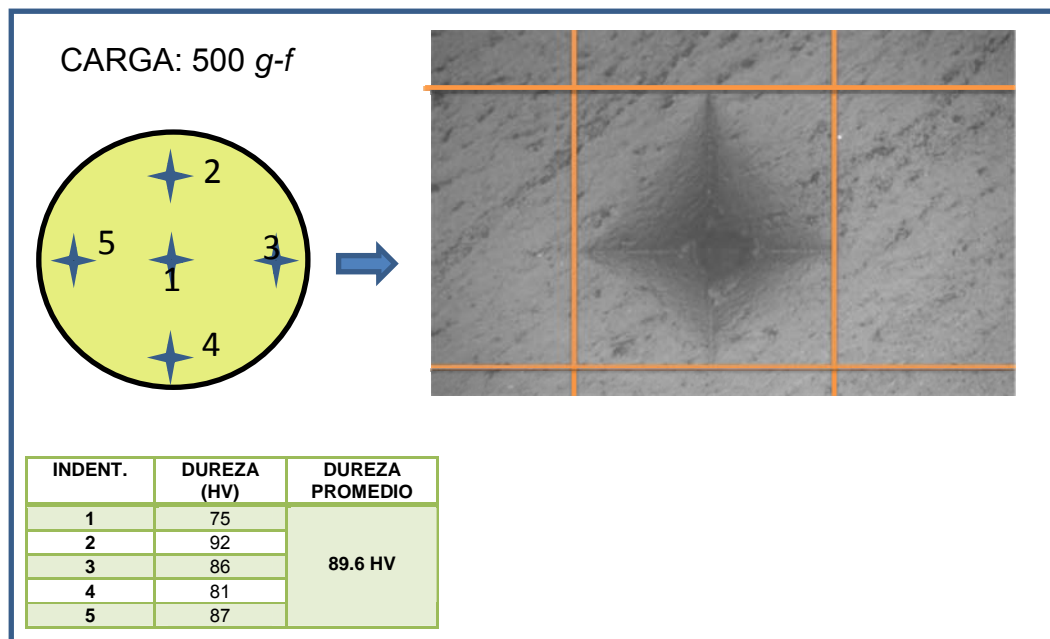
FOTOGRAFÍA DE LA MICROINDENTACIÓN - RESINA DE SILORANO P90-
MUESTRA 1



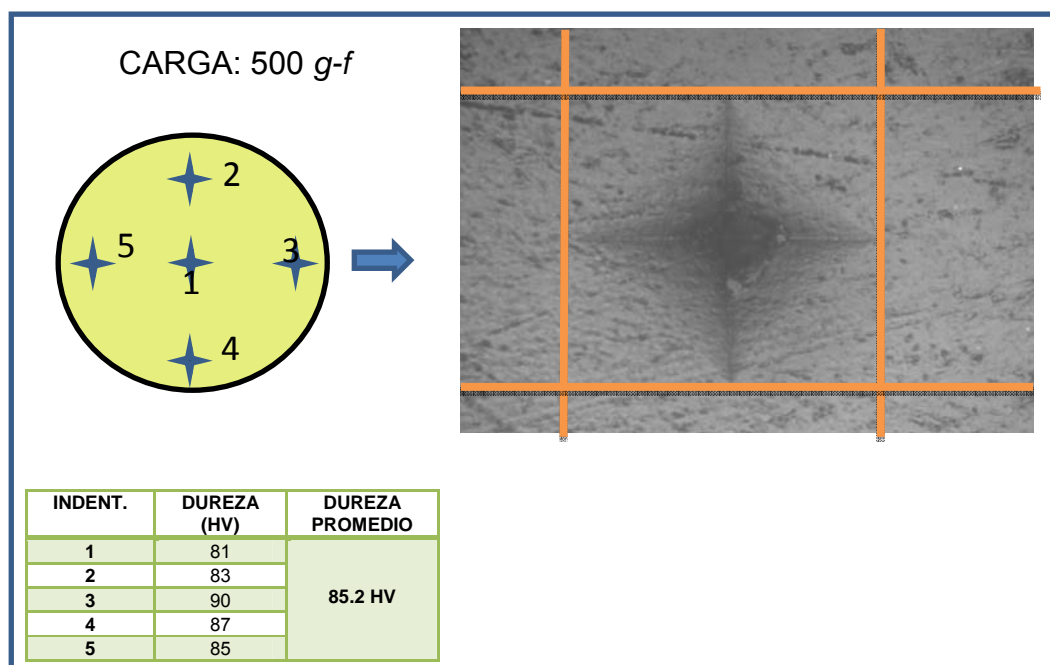
FOTOGRAFÍA DE LA MICROINDENTACIÓN - RESINA DE SILORANO P90-
MUESTRA 2



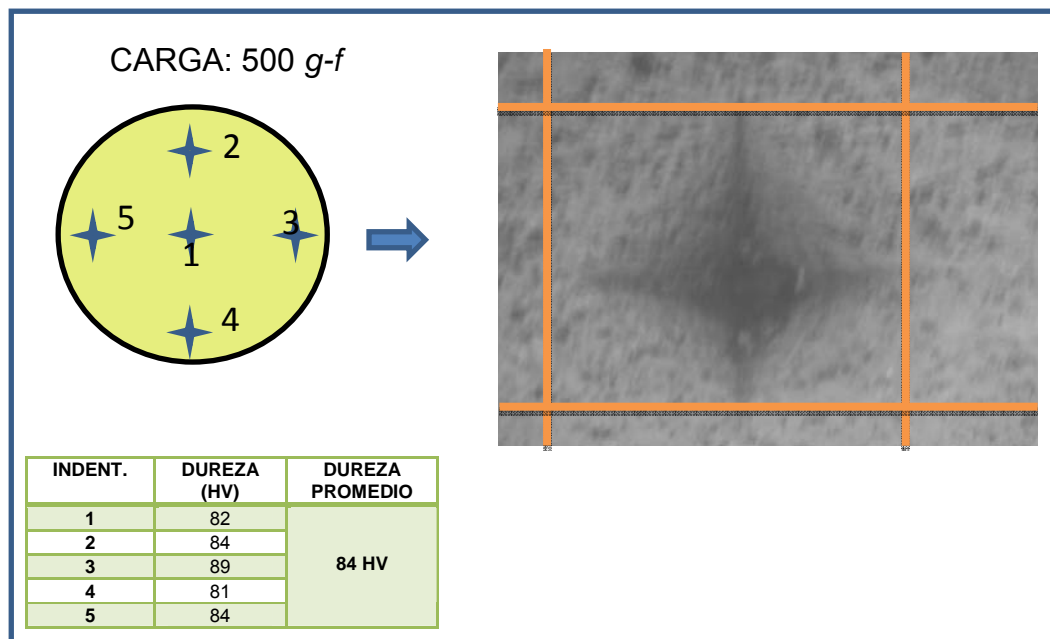
FOTOGRAFÍA DE LA MICROINDENTACIÓN - RESINA DE SILORANO P90-
MUESTRA 3



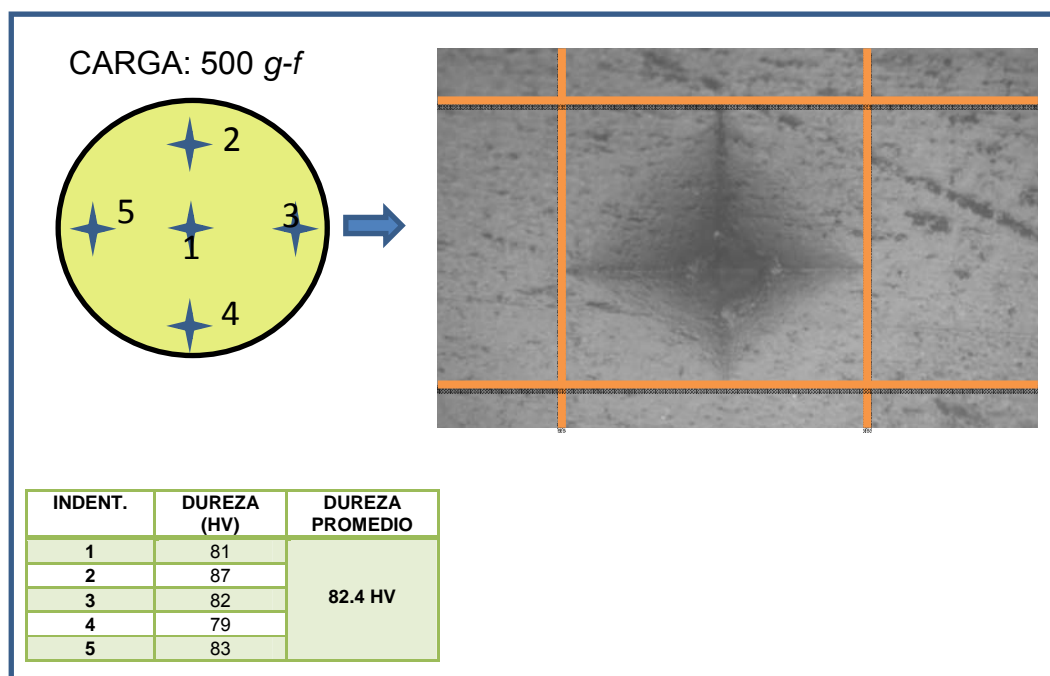
FOTOGRAFÍA DE LA MICROINDENTACIÓN - RESINA DE SILORANO P90-
MUESTRA 4



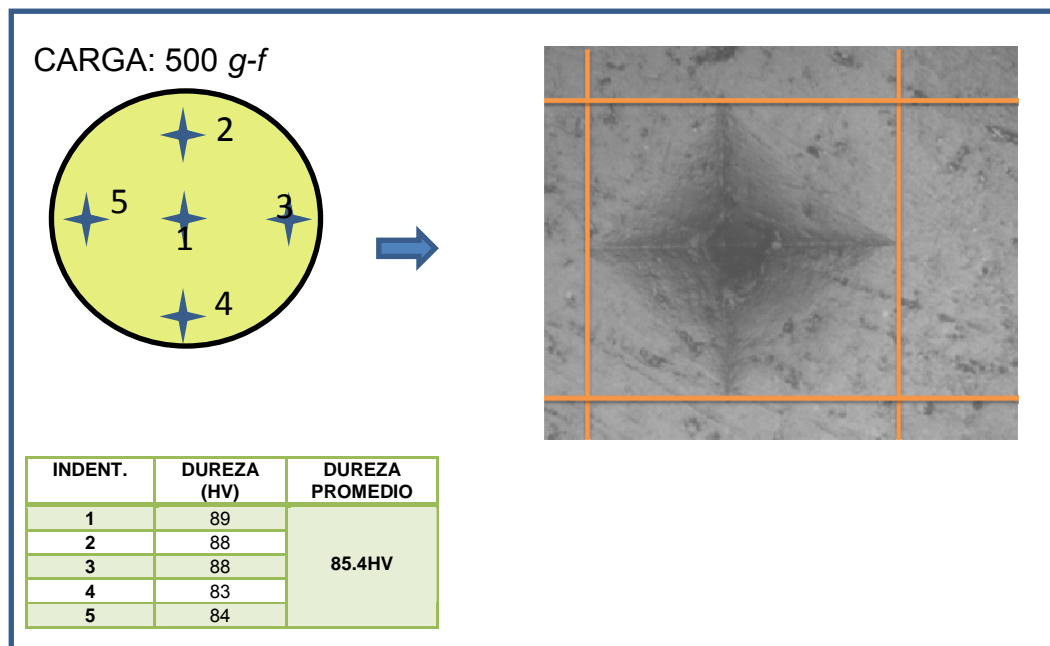
FOTOGRAFÍA DE LA MICROINDENTACIÓN - RESINA DE SILORANO P90-
MUESTRA 5



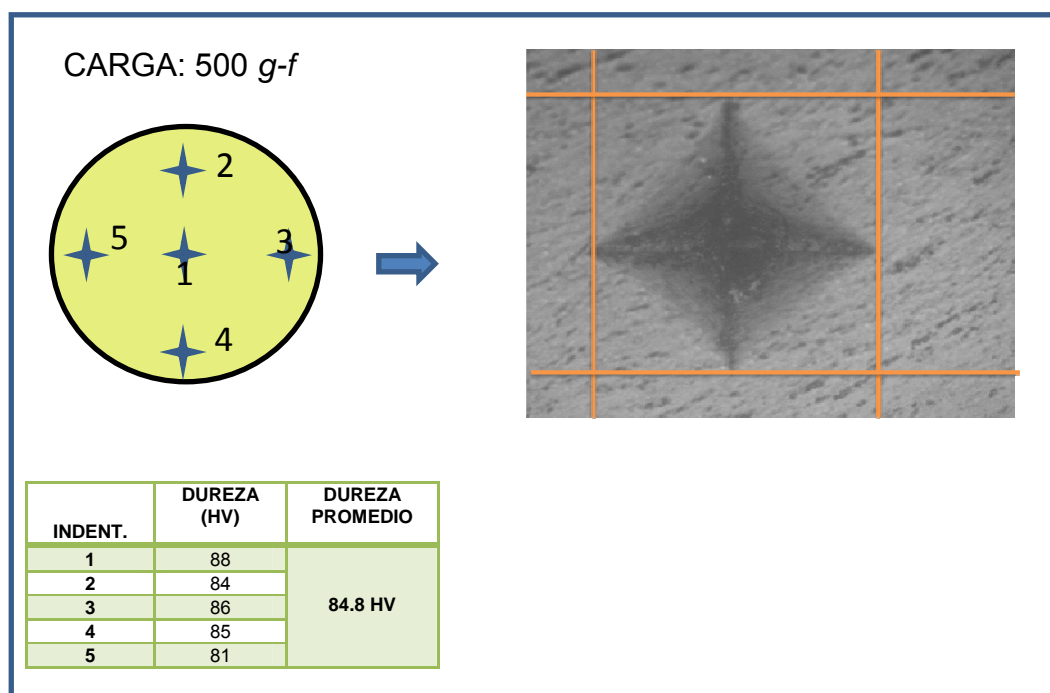
FOTOGRAFÍA DE LA MICROINDENTACIÓN - RESINA DE SILORANO P90-
MUESTRA 6



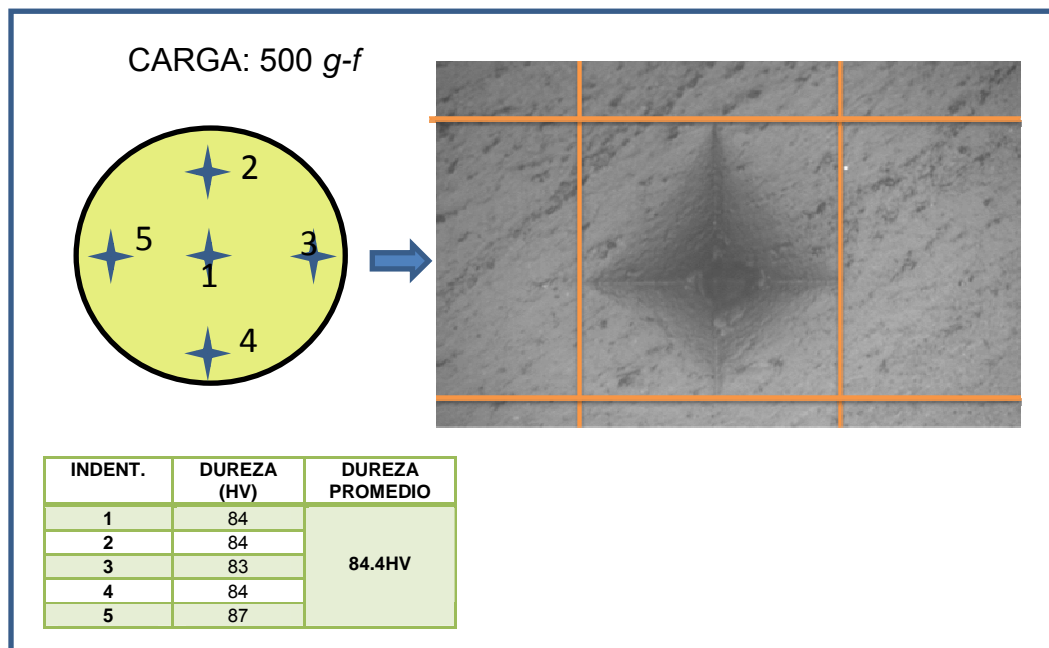
FOTOGRAFÍA DE LA MICROINDENTACIÓN - RESINA DE SILORANO P90-
MUESTRA 7



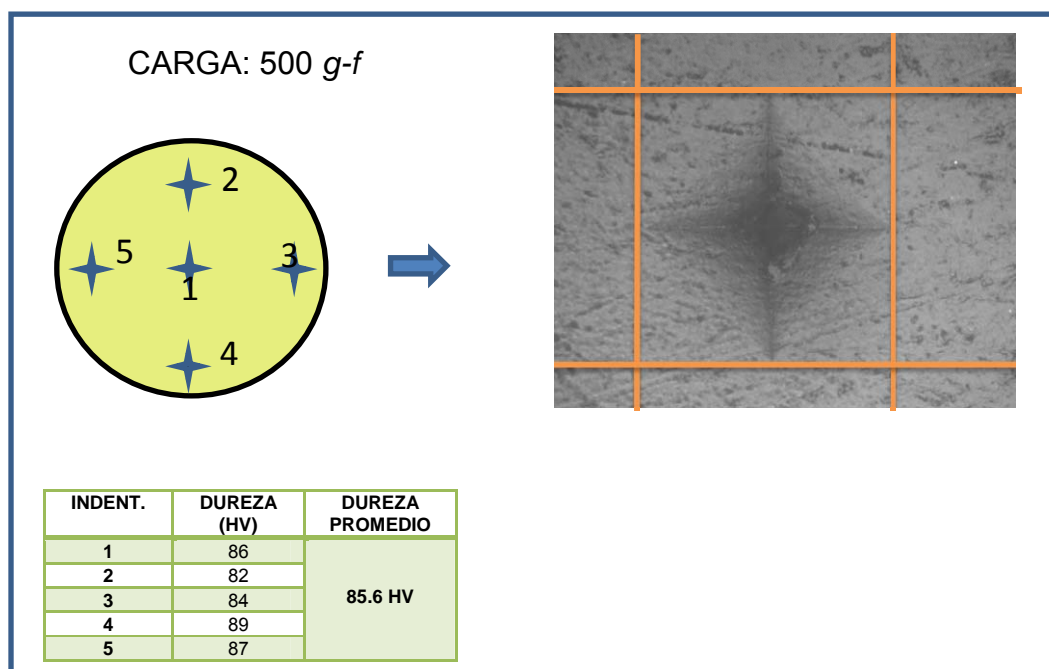
FOTOGRAFÍA DE LA MICROINDENTACIÓN - RESINA DE SILORANO P90-
MUESTRA 8



FOTOGRAFÍA DE LA MICROINDENTACIÓN - RESINA DE SILORANO P90-
MUESTRA 9



FOTOGRAFÍA DE LA MICROINDENTACIÓN - RESINA DE SILORANO P90-
MUESTRA 10



ANEXO N° 11

ISO 4049: 2009- DENTAL MATERIALS

MATERIALES DE RESTAURACIÓN A BASE DE POLÍMEROS

Apartado 5.2 Propiedades físicas y químicas

Correspondencia

Esta norma es la versión oficial en español; de la Norma Europea ISO 4049:2009. Que a su vez adopta LA Norma Internacional ISO 4049:2009.

Clasificación

Para los fines de esta norma internacional, los materiales de restauración dental a base de polímeros se clasifican en los siguientes:

a) Tipo 1: Materiales de restauración a base de polímeros declarados por el fabricante como adecuados para restauraciones que impliquen las superficies oclusales.

b) Tipo2: Todos los demás materiales de restauración a base de polímeros y los materiales de sellado.

Las tres clases de materiales de restauración dental a base de polímeros son los siguientes:

- Clase 1: Materiales cuya polimerización se realiza mezclando un iniciador y un activador (materiales “autopolimerizables”)
- Clase 2: Materiales cuya polimerización se realiza mediante la aplicación de energía procedente de una fuente externa, tal como luz azul o calor [materiales “activados por energía externa”, véase también el punto e) de 8.3]. Estos materiales a su vez se subdividen en:
 - 1) Grupo 1: Materiales cuya utilización requiere aplicación de una energía intraoral.
 - 2) Grupo 2: Materiales cuya utilización requiere la aplicación de una energía

extraoral. Después de fabricados, estos materiales se sellarán in situ.

Algunos materiales pueden ser declarados por los fabricantes en los dos grupos, grupo 1 y grupo 2. En este caso, el material debería cumplir los requisitos de ambos grupos.

Nota: Los materiales de sellado de la clase 2 solo se encontrarán en el grupo 1.

- Clase 3: Materiales cuya polimerización se realiza mediante la aplicación de energía externa, y que además presenta un mecanismo de autopolimerización (materiales de “doble polimerización”)
-

5. Requisitos

5.1 Biocompatibilidad

5.2 Propiedades físicas y químicas

5.2.1 Generalidades

Si el fabricante suministra un material de restauración en varias tonalidades, cada tonalidad, incluyendo los opacos, debe satisfacer todos los requisitos relativos a la sensibilidad a la luz ambiental. (5.2.2), profundidad de polimerización (5.2.8), tono (5.3) y estabilidad de color (5.4), apropiados para el tipo y clase de material. Si el material se suministra como “tintado” o “mezclado”, según la petición del usuario debe cumplir los requisitos tanto cuando se utiliza solo como cuando se utiliza en la máxima proporción recomendada de tinte o mezcla [véase el punto d) de 8.3]

De forma similar, si el fabricante suministra un material para sellado en varias tonalidades, cada tonalidad, debe satisfacer los requisitos de profundidad de polimerización (5.2.8).

La estabilidad de color (3.4) de los materiales para sellado no se debe ensayar, salvo que el fabricante lo declare como una propiedad.

Con respecto a otros requisitos del apartado 5.2 y los del apartado 5.5, solo se debe ensayar un tono que sea representativo de los materiales de restauración. Este tono representativo debe estar clasificado por el fabricante como “universal” o, en caso de que no esté clasificado así, debe corresponder al “A3” de la guía de clasificación de tonalidades “vita”. No obstante, si el fabricante declara un valor más alto de la radiopacidad [véase 5.5 y el punto 0) de 8.3] para cualquier otro tono, este valor se puede ensayar.

Los requisitos se resumen en las tablas 1, 2 y 3.

5.2.2. Espesor de la película de los materiales de sellado

El espesor de película de los materiales de sellado, cuando se determina de acuerdo con el apartado 7.5, no debe exceder en más de 10µm al valor declarado por el fabricante y en ningún caso debe ser mayor de 50µm.

5.2.3. Tiempo de trabajo de los materiales de restauración de las clases 1 y 3, excluidos los materiales de sellado.

El tiempo de trabajo de los materiales de restauración de las clases 1 y 3, excluidos los materiales de sellado, determinado de acuerdo con el apartado 7.6 no debe ser menor de 90 segundos.

5.2.4 Tiempo de trabajo de los materiales de sellado clase 1 y 3

Cuando se ensaye de acuerdo con el apartado 7.7, el material debe poder formar una capa fina, durante su formación no se deben detectar cambios en su homogeneidad.

5.2.5. Tiempo de fraguado de los materiales clase 1

El tiempo de fraguado de los materiales de restauración clase 1, excluidos de los materiales de sellado, determinado de acuerdo con el apartado 7.8, no debe ser mayor de 5min.

El tiempo de fraguado e los materiales de clase 1, determinado de acuerdo con el apartado 7.8 no debe ser mayor de 10min.

5.2.6. Tiempo de fraguado de los materiales de clase 3, determinado de acuerdo con el apartado 7.8, no debe ser mayor de 10 min.

5.2.7. Sensibilidad a la luz ambiental de los materiales clase 2

Cuando se ensaya de acuerdo con el apartado 7.9, el material se debe mantener físicamente homogéneo.

5.2.8. Profundidad de polimerización de los materiales clase2

La profundidad de polimerización de los materiales para restauración de clase 2, excluidos los materiales de sellado, cuando se determina de acuerdo con el apartado 7.10 no debe ser menor de 1mm si el fabricante los ha clasificado como opacos, o menor de 1.5mm para el resto de los materiales de restauración.

La profundidad de polimerización de los materiales de sellado, cuando se determina de acuerdo con el apartado 7.10 no debe ser menor de 0.5mm si el fabricante los ha etiquetado como opaco, ni menor de 1.5mm para el resto de los materiales.

En cualquier caso, los valores de todos los materiales, en excepción de los materiales para sellado opacos, no deben ser inferiores a 0.5mm por debajo del valor declarado por el fabricante.

5.2.9. Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión de los materiales para restauración a base de polímeros, determinado de acuerdo con el apartado 7.11, debe ser igual o mayor que los límites especificados en la tabla 1.

Tabla 1. Resistencia a la flexión

Materiales para restauración		Resistencia a la flexión Mpa mínimo
Tipo 1	Clase1	80
	Clase2,grupo1	80
	Clase2,grupo2	100
	Clase3	80
Tipo 2 (incluido material de sellado)	Clase1	50
	Clase2,grupo1	50
	Clase3	50

5.2.10. Absorción de agua y solubilidad

Cuando e determina de acuerdo con el apartado 7.12;

- a) La absorción de agua de todos los materiales debe ser $\leq 40 \mu\text{g}/\text{mm}^3$
- b) La solubilidad de todos los materiales debe ser $\leq 7,5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$

5.3. Tonalidad de los materiales para restauración

Cuando el material se ensaye de acuerdo con el apartado 7.13 y la norma ISO 7491, la tonalidad del material polimerizado se debe adjuntar a la guía de tonalidades del fabricante, si el fabricante no proporciona una guía de tonalidades disponible en el mercado que se puede utilizar en la evaluación del cumplimiento de este requisito [véase punto 1) de 8.3].

Además, el material polimerizado debe presentar una pigmentación uniforme cuando se mire sin utilizar aumento.

5.4. Estabilidad de color después de la irradiación y de la absorción de agua

Cuando el material se ensaye de acuerdo con el apartado 7.13 y norma ISO 7491, no se debe observar más que un ligero cambio de color. En cuanto lo materiales de sellado, la estabilidad de color solo se debe ensayar en el caso de que el fabricante declare estabilidad del color. En este caso, el material no debe presentar más que un ligero cambio de color

después de ser ensayado de acuerdo con el apartado 7.13 y norma ISO 7491.

5.5 Radiopacidad

5.5.1. Si el fabricante declara que el producto es radiopaco [véase el punto h) de 8.2.3], la radiopacidad, determinada de acuerdo con el apartado 7.14, debe ser igual o mayor que la que presenta el mismo espesor del aluminio y no inferior a 0.05mm por debajo del valor declarado por el fabricante.

5.5.2 Este ensayo se debe realizar sobre una tonalidad “universal” (véase 3.2.1), pero si el fabricante declara un valor para una o varias tonalidades que sea al menos dos veces el valor de la tonalidad “universal”, esta otra tonalidad o tonalidades se debe ensayar como se descubre en el apartado 3.5.2 [véase el punto 0) de 8.3]

Tabla2 Requisitos de profundidades físicas y químicas de los materiales para restauración, excluidos materiales de sellado (véase la tabla1 para resistencia mínima a la flexión)

	Requisitos				
Clase de material	Tiempo de trabajo Seg Mínimo	Tiempo de Fraguado min Max	Absorción de agua Ug/mm3 max	Solubilidad Ug/mm3 Max	Profundidad de curado Mm min
Clase1	90	5	40	7.5	
Clase2	-	-	40	7.5	1,0 (opaco) 1,5 (otros)
Clase 3	90	10	40	7.5	

6. Toma de muestra

Las muestras de ensayo deben constituirse de un envase preparado para la venta al por menor, que pertenezcan al mismo lote, que contengan suficiente cantidad de material para realizar los ensayos específicos y para permitir ensayar, si fuera necesario.

7. Métodos de ensayo

7.1 Reactivo general –agua

Para los ensayos, se utiliza agua de grado 2 preparado de acuerdo con la norma ISO 3696.

7.2 Condiciones de ensayo

Salvo que el fabricante especifique otra cosa, todas las probetas se preparan y ensayan a (23 ± 1) °C. Se controla la humedad relativa para

asegurarse que en todo momento se mantienen por encima del 30% y por debajo del 90%. Si el material se ha mantenido refrigerado durante el almacenaje, se permite que suba hasta $(23 \pm 1) ^\circ\text{C}$.

Para los materiales Clase 3, los ensayos del tiempo de trabajo (vease 7.6) y del tiempo de fraguado (vease 7.8) se deben realizar sin que exista radiación de activación.

Nota: La luz ambiental, tanto natural como artificial puede producir la activación de estos materiales. Para un buen control, el ensayo se debería realizar en una habitación oscura con luz artificial filtrada a través de un filtro amarillo.

7.3 Inspección

Se realiza una inspección visual para comprobar que se cumplen los requisitos especificados.

7.4 Preparación de las probetas

Para la preparación de los materiales de clases 2 y 3, se deben consultar las instrucciones del fabricante [véase el 'punto e) de 8.3], donde se especifican la fuente o fuentes de energía externa recomendadas para los materiales a ensayar. Se debe tener la precaución de comprobar que la fuente se encuentra en condiciones de funcionamiento satisfactorias. [La norma ISO 10650(AMBAS PARTES) proporciona la guía sobre esto]

Se mezcla o se prepara el material de acuerdo con las instrucciones del fabricante y con las condiciones de ensayos especificadas en el apartado 7.2.

Cuando se requieran probetas totalmente polimerizadas por el ensayo (véase 7.11 a 7.14), es importante comprobar que las probetas sean homogéneas tras retirarlas del molde. Cuando se examinen, sin utilizar dispositivos de aumento, no deben presentar hendiduras, vacíos, discontinuidades ni burbujas de aire.

Algunos materiales a base de polímeros, particularmente ciertos materiales para sellado, tiene afinidad química por los metales de la base de polímeros. Esta propiedad crea dificultades al retirar las probetas de los moldes de metal. La información proporcionada por el fabricante [véase el punto m) 8.3] debe hacer referencia a esta propiedad y, cuando ésta se declare, los moldes destinados a la preparación de probetas de estos materiales se pueden preparar con materiales no metálicos, tal como, polietileno de alta densidad.

7.5 Medición del espesor de película de los materiales de sellado

7.5.1 Aparatos

7.5.1.1. Dos placas de vidrio, ópticamente planas, cuadradas u circulares, cada una con una superficie de contacto de (200 ± 25) mm². Cada placa debe tener un espesor conforme no inferior a 5mm.

7.5.1.2. Dispositivo de carga, del tipo que se ilustra en la figura 1, o un medio equivalente, con el que se pueda aplicar una fuerza de (150 ± 2) N en sentido vertical sobre la probeta por medio de la placa de vidrio superior. En la figura 1, el yunque sujeto a la parte inferior del vástago debe estar horizontal y paralelo a la base. La carga se debe aplicar suavemente y de tal manera que no produzca rotación.

Nota: Se puede utilizar un soporte para ayudar al posicionamiento de las placas.

7.5.1.3 Fuente de energía externa (para material clase 2 y 3) que sea conforme con la recomendación del fabricante, para ser utilizada con el material de ensayo.

7.5.2 Procedimiento de ensayo

7.5.2.1. Pasos preliminares

Con el micrómetro (7.5.1.4.) se mide, con una precisión de 0.001mm el espesor combinado de las 2 placas de vidrio ópticamente planas (7.5.1.1) mantenidas en contacto. Se retira la placa superior, y en el centro de la placa inferior se coloca una cantidad comprendida entre 0.02ml y 0.10ml del material de ensayo tratado de acuerdo con las instrucciones del fabricante, y se centra sobre la platina inferior del dispositivo de carga. La segunda placa de vidrio se coloca centrada sobre la probeta con la misma orientación que tenía en la medición inicial. El soporte es útil.

7.5.2.2. Materiales Clase 1

Cuando transcurran (60 ± 2) s después del mezclado de los materiales clase 1, se aplica cuidadosamente una fuerza de (150 ± 2) N en sentido vertical y centrada sobre la probeta por intermedio de la placa superior, durante (180 ± 10) s. Asegurarse de que el cemento ha llenado completamente el espacio situado entre las placas de vidrio. Al menos 10 min después el comienzo del mezclado, se retiran las placas del dispositivo de carga y se mide el espesor combinado de las dos placas de vidrio y de la película de la probeta, tomándose la lectura otra vez en el centro de las placas.

7.5.2.3. Materiales de Clases 2 y 3

Inmediatamente después se preparan los materiales de clase 2 o de mezclar los materiales de clase 3, se aplica cuidadosamente una fuerza de (150 ± 2) N en sentido vertical y centrada sobre la probeta por intermedio de la placa superior de vidrio, durante (180 ± 10) s. Asegurarse de que el cemento ha llenado completamente el espacio entre las dos placas de vidrio, después de (180 ± 10) s, se retira el sistema de carga y se irradia la probeta a través del centro de la placa superior de vidrio durante 2 veces el tiempo de exposición recomendado por el fabricante.

Después de la irradiación de los materiales de las clases 2 y 3, se retiran las placas del dispositivo de carga y se mide el espesor combinado de las 2 placas de vidrio y de la película de la probeta, tomándose la lectura otra vez en el centro de las placas.

7.10. Profundidad de polimerización para materiales de clase 2

7.10.1 Aparatos

7.10.1.1. Molde de acero inoxidable, para la preparación de una probeta cilíndrica de 6mm de longitud y 4mm de diámetro, salvo que el fabricante especifique una profundidad de polimerización de más de 3mm, en tal caso, el molde debe ser al menos 2mm más largo que 2 veces la profundidad de polimerización especificada por el fabricante.

Nota: Para facilitar la extracción de la probeta, se puede usar un agente de desmoldeo que no interfiera en la reacción de polimerización, por ejemplo, una solución al 3% de éter polivinilo en hexano.

7.10.1.2. Dos placas/láminas de vidrio, cada una de ellas con área suficiente para cubrir todo el lado del molde.

Nota: Se puede usar placas de vidrio normalizadas para microscopio.

7.10.1.3 Papel filtro blanco

7.10.1.4. Película, transparente a la radiación de activación, de (50 ± 30) µm de espesor; por ejemplo; poliéster.

7.10.1.5. Fuente de energía externa, como la recomendada por el fabricante para ser utilizada con el material de ensayo.[véase el punto e) de 8.3]

7.10.1.6. Micrómetro, con precisión de 0.01mm

7.10.1.7 Espátula de plástico

7.10.2 Procedimiento

Se coloca el molde (7.10.1.1.) sobre una banda de película transparente (7.10.1.4) situada sobre un placa de vidrio para microscopio (7.0.1.2).e lleva el molde con el material a ensayar preparado de acuerdo con las instrucciones del fabricante, teniendo cuidado de que no se formen burbujas de aire. Se sobrellevo ligeramente el molde y se pone una segunda banda de película transparente sobre su parte superior, seguida de la segunda placa de microscopio. Se presiona el molde y los bordes de película entre las 2 láminas de vidrio (7.10.1.2) para eliminar el exceso de material. Se coloca el molde sobre el papel filtro (7.10.1.3), se retira la placa de microscopio que cubre la banda de película superior y se coloca cuidadosamente la ventana de salida de la fuente de energía externa (7.10.1.5.) contra la banda de polimerización de al menos 0.5mm para los materiales de sellado más opacos (1,0mm) para los materiales de restauración opacos, o 1,5mm para resto de material.

Inmediatamente después de terminado la irradiación, se extrae la probeta del molde y se elimina el material sin polimerizar con la espátula de plástico (7.10.1.7). Por medio de micrómetro (7.10.1.6.), se mide la altura del cilindro de material polimerizado con una precisión de $\pm 0.1\text{mm}$ y el valor obtenido se divide entre 2. Este valor se registra como la profundidad de polimerización.

El ensayo se repite 2 veces.

Los materiales de clase 2 grupo 2, se debe ensayar tras la exposición a la irradiación de una fuente de energía primaria y no después de que se procesen en un horno de polimerización.

Este ensayo está previsto para demostrar la conversión de monómero a polímero en la etapa de modelado, lo que permite al material ser transferido desde el molde al horno de polimerización.

7.11 Resistencia a la flexión

7.11.2 Preparación de probetas

Se preparan 8 probetas como mínimo.

7.11.2.1. Materiales clase1

Se cubre una de las placas de metal (7.11.1.2) con el papel filtro (7.11.1.5) seguido de la película (7.11.1.4) y se coloca el molde (7.11.1.1.) sobre ella. Se prepara el material de acuerdo con las instrucciones del fabricante y se introduce inmediatamente en el molde de la manera más uniforme posible sin que se produzcan burbujas de aire o huecos, con un ligero exceso. Se

coloca una segunda pieza de película sobre el material en el molde y se cubre en la segunda placa de metal.

7.11.2.2. Materiales de Clase 2 y 3

Se prepara el material de acuerdo con las instrucciones del fabricante y se llena el molde con el material, como se describe en el apartado 7.11.2.1. Para los materiales de la clase 2, grupo 1, y de la clase 3, se sustituye una de las placas de metal por una placa de vidrio (7.11.1.2) y se coloca la ventana de salida de la fuente de energía externa (7.11.1.7) en el centro de la probeta y contra la placa de vidrio. Se irradia esta sección de la probeta durante el tiempo de exposición recomendado por el fabricante. Se mueve la ventana de salida a la sección próxima al centro que solapa a la sección anterior, una distancia igual a la mitad del diámetro de la ventana de salida y se irradia durante tiempo apropiado. Después se irradia de la misma forma la sección del otro lado del centro. Se continúa este procedimiento hasta que toda la longitud de la probeta ha sido irradiada durante el tiempo recomendado por el fabricante. Se repite el procedimiento de irradiación sobre el otro lado de la probeta. Se coloca este conjunto en el baño de agua mantenido $(37\pm 1)^{\circ}\text{C}$ durante 15min. Después se retira la probeta del molde y se elimina cuidadosamente las rebabas lijándose suavemente con el papel abrasivo se grano 320. Después se conserva en agua (7.1) a $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ hasta el comienzo del ensayo.

Para materiales clase 2 grupo2, se siguen las instrucciones del fabricante respecto del uso de fuente de energía externa. Si en las instrucciones se requiere un tiempo preliminar de exposición a la luz azul antes de la colocación de la probeta en el aparato e energía externa, se efectúa esta exposición de acuerdo con el procedimiento especificado en el apartado anterior (materiales grupo 1). Se entre la probeta del molde y se eliminan cuidadosamente las rebabas lijándola suavemente con papel abrasivo de grano 320. Se coloca directamente en el aparato de energía externa. Después de la polimerización, se retira la probeta del aparato y se conserva en agua (7.1) a $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ hasta el comienzo del ensayo.

Si no requiere acondicionamiento previo a la introducción del material en el aparato, el material y el molde se deben colocar en el aparato para la polimerización. Después de la polimerización, se extrae la probeta del molde y se eliminan cuidadosamente las rebabas lijándola suavemente. A continuación se conserva en agua (7.1) a $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ hasta el comienzo del ensayo.

Se preparan 8 probetas como mínimo.